

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN DE VAPORES DEL SUELO

Autor: Juan HEDRERA MONTESINOS

Fecha: Junio 2006





CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES

El suelo es un recurso no renovable vital para los habitantes del planeta ya que realiza funciones tanto ecológicas, como socioeconómicas, incluidas la capacidad de eliminar y de absorber los contaminantes mediante su filtrado y absorción. Ya en la Cumbre de Río, en 1992, se reconoció la importancia de la protección de los suelos y de sus usos potenciales en el contexto de un desarrollo sostenible, en particular contra la contaminación procedente de acciones o actividades de origen antrópico.

La calidad de los suelos se debe a varios factores naturales como son el clima, el material del que estén formados, la orografía, la biología... y, también, la actividad humana. En las últimas décadas -y debido, sobre todo, a la acción del hombre- los suelos se encuentran en un proceso de continua degradación. Debemos tener en cuenta que el suelo constituye uno de los medios receptores de la contaminación más sensibles y vulnerables y el gran desarrollo del sector industrial que se ha producido en los últimos años ha aumentado, de manera considerable, el riesgo de emisión de sustancias contaminantes que afectan no sólo a los suelos propiamente dichos, sino también a la calidad de las aguas, a la calidad del aire, a la cadena alimentaria y pueden llegar hasta afectar la salud del hombre.

Tampoco debemos olvidar que el aumento de las poblaciones en las grandes ciudades, el sellado de los suelos y la con de actividades industriales en zonas muy concretas, junto con los efectos del cambio climático, son algunas de las causas que influyen directamente en la degradación de los suelos.

Un suelo en mal estado, además de la degradación del terreno y la pérdida de usos, es decir de no poder ser utilizado para cultivos, para vivienda o para esparcimiento, puede llegar -en su última fase- hasta la desertificación, fenómeno

que se materializa cuando un suelo pierde la capacidad de realizar sus funciones. Según la evaluación realizada por la Agencia Europea de Medio Ambiente el suelo puede considerarse un recurso limitado y no renovable ya que serian necesarios 500 años para recuperar una biodiversidad destruida de 2'5 cm. de espesor. Según la misma fuente se estima que 52 millones de hectáreas de la Unión (más de un 16 por ciento del total del territorio) están afectadas por algún tipo de proceso de degradación. Por tanto, desarrollar políticas de prevención y protección de suelos se hace de todo punto necesario para garantizar la sostenibilidad y evitar los efectos adversos que podría suponer el no actuar, de forma decidida, para solucionar este problema.

A partir de 1991 el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente inició los trabajos de elaboración de un primer Inventario de Espacios Contaminados que abarcó el análisis de todo el territorio español, donde se identificaron las actividades que pudieran resultar contaminantes, sobre todo si dichas actividades pudieran ser susceptibles de generar productos tóxicos y peligrosos, y de los emplazamientos presuntamente contaminados, así como la caracterización de un determinado número de éstos. Este estudio fue continuado en una segunda fase que se puso en marcha en 1994. Dichos Planes fueron un primer paso a la aproximación del problema y se evaluaron las necesidades y las infraestructuras necesarias, así como los programas de actuación que debían ser desarrollados para abordar su solución. Fue en 1995 cuando la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda -de la que era titular la actual ministra de Medio Ambiente, Cristina Narbona- preocupada por las conclusiones a las que había llegado el Inventario de Espacios Contaminados y por el potencial riesgo que estos residuos podrían suponer tanto para el medio ambiente, como para la salud de los ciudadanos, elaboró un Plan de Recuperación de Suelos (1995-2005) definiendo en su texto qué características debía tener un suelo para considerarlo como contaminado, esto es: cuando la calidad natural de éste hubiera sido alterada por la presencia de componentes de carácter tóxico y peligroso de origen antrópico con el consiguiente desequilibrio en las funciones propias del suelo”.

En este Plan ya se identificaron un total de “18.142 actividades industriales que podrían ser potenciales focos de generar espacios contaminados”, además de determinar 4.532 emplazamientos como potencialmente contaminados “por el tipo, concentración de contaminantes y potencial de dispersión de los mismos, el sistema biofísico y antrópico en el que se encuentran y por la vulnerabilidad que presentan estos medios”. También puso de manifiesto en sus conclusiones que el 31 por ciento del territorio español se encontraba gravemente amenazado por la desertificación.

Pero a pesar de todos estos Planes, en España hasta la promulgación de la ley 10/1998 de 21 de abril de Residuos, no existía ninguna norma legal que estableciera la existencia de suelos contaminados, qué tipos de medidas se deberían adoptar para la protección de los mismos frente a las agresiones externas y qué responsabilidad debían asumir los que hubieren contaminado determinadas zonas. De ahí la importancia de esta Ley en la que se traspuso, asimismo, la directiva comunitaria 91/156/CEE, de 18 de marzo de 1991 que significó la asunción por parte de la UE de una moderna concepción de la política de residuos, consistente en abandonar su clasificación en dos únicas modalidades (general y peligrosos) y establecer una norma común para todos ellos. Aunque esta legislación supuso un gran avance, la falta de un Decreto que desarrollara el proceso para la declaración de un suelo como contaminado y la obligación del contaminador de proceder a la descontaminación de los suelos afectados hizo difícil su aplicación, convirtiéndose la Ley de Residuos de 1998 en papel mojado por no haberse elaborado posteriormente -según prescribe dicha Ley- “una lista de actividades potencialmente contaminantes del suelo y por no haber establecido una serie de criterios estándares que pudieran permitir decidir si un suelo pudiera estar, o no, contaminado”.

La aprobación de este Real Decreto el pasado 14 de enero, a propuesta conjunta de los ministerios de Medio Ambiente y Sanidad y Consumo, da cumplimiento a lo previsto en la mencionada Ley 10/98, de Residuos, y en el mismo se

desarrollan los artículos 27 y 28 de dicha Ley. El texto de este Real Decreto fue remitido con anterioridad a las Comunidades Autónomas y al Consejo Asesor de Medio Ambiente para su preceptivo informe.

En este Real Decreto se establece la lista de actividades consideradas como contaminadoras potenciales del suelo, al tiempo que define la metodología aplicable para la caracterización y clasificación de éstos como contaminados, así como la cuantificación del riesgo. Asimismo, incluye una lista de sustancias que se consideran contaminantes, para las cuales se establece un criterio de cálculo de los niveles genéricos de referencia, valores en los que se basará la decisión de declarar un suelo como contaminado o no contaminado.

En él se regula, también, el informe que deberán realizar los titulares de actividades consideradas como potencialmente peligrosas para su presentación ante la comunidad autónoma que les corresponda. Se exige, asimismo, tanto a los titulares de estas actividades, como a los propietarios de emplazamientos contaminados la obligación de informar a las Confederaciones Hidrográficas y a su comunidad autónoma de los casos, confirmados o sospechosos, de posible contaminación de aguas, sin perjuicio de lo establecido en la normativa en materia de aguas. Además, en una disposición adicional se especifica que el Ministerio de Defensa, previa conformidad con el Ministerio de Medio Ambiente, en el plazo de dos años desde la entrada en vigor del Decreto aprobará un plan de descontaminación de suelos destinados a actividades militares. También se regulan los llamados Niveles Genéricos de Referencia, parámetro básico que se utilizará para la evaluación de la contaminación del suelo por determinadas sustancias las cuales se han seleccionado en razón de su peligrosidad para la salud humana y para los ecosistemas, proponiéndose, asimismo, un criterio de valoración de la contaminación por metales en aquellas comunidades autónomas que no disponen, todavía, de dichos niveles para estos contaminantes. Con esta nueva norma se facilita la elaboración por parte de las

comunidades autónomas de un Inventario (el anterior es de 1995) que identifique el número de emplazamientos contaminados que deberá estar permanentemente actualizado, responsabilidad que recae sobre las propias comunidades autónomas. Además, la declaración de un suelo como contaminado obligará a la realización de las actuaciones necesarias para proceder a su recuperación ambiental, teniéndose la obligación de informar sobre la forma en que éste ha sido descontaminado.

Finalmente, se desarrolla lo previsto en la Ley de Residuos sobre el modo en que se dejará constancia en el Registro de la Propiedad de las resoluciones administrativas sobre declaración de suelos contaminados y de aquellas fincas en que se han desarrollado en el pasado actividades potencialmente contaminantes, en el caso de que sean enajenadas. La autorización administrativa de cambio de uso de un suelo que acoja o haya acogido en el pasado una actividad potencialmente contaminante, que haya sido descontaminado hasta un nivel de riesgo que lo hace apto sólo para determinados usos, estará condicionada a su compatibilidad con el nuevo uso de acuerdo con los estándares de calidad recogidos en el Real Decreto. En la actualidad se estima que existen en España 26.440 emplazamientos en los que se desarrollan actividades potencialmente contaminantes, de los cuales más de 15.000 son susceptibles de haber producido contaminación superior a la admisible. Desde 1995, año en el que se comenzó a desarrollar el Plan Nacional de Recuperación de Suelos Contaminados, se han recuperado 212 emplazamientos con una financiación al 50 por ciento entre la Administración Central y la Autonómica, habiéndose empleado, también, fondos europeos. La inversión de las administraciones hasta 2004 ha superado los 180 millones de euros.

CAPÍTULO 2: OBJETO Y JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto tiene por objeto el diseño de una planta para la remediación de un suelo contaminado por compuestos orgánicos volátiles a través de la técnica de extracción de vapores del suelo (SVE), el cual queda justificado si se considera la naturaleza extremadamente tóxica de este tipo de compuestos y de los vapores que se pueden generar tanto para las personas como para el medio ambiente.

Cuando las estrategias de manejo de residuos fallan en prevenir que el contaminante ingrese al medio ambiente y por lo tanto afecte a personas como plantas y animales, es necesario implementar estrategias de remediación. Existen muchas técnicas para la remediación de suelos contaminados como se puede ver en la siguiente figura:

	In Situ	Ex Situ
Biológicas	Bioaireación Bioreactor fase lechada	Aplicación al terreno Compostaje Bioreactor en fase lechada
Físicas, químicas	Extracción vapores suelo Lavado del suelo Solidif.- Estabilización	Lavado del suelo Solidificación - Estabilización Extracción con disolventes
Térmicas	Vitrificación SVE potenciada térmicamente	Desorción térmica Incineración Pirólisis
Otras	Atenuación natural	Excavación y vertedero

Figura C2-1. Técnicas de remediación de suelos contaminados.

La técnica de extracción de vapores del suelo tiene la ventaja sobre otras técnicas de que se realiza in situ, esto es en el mismo lugar donde se encuentra el

suelo contaminado, por lo que no hace falta trasladar a ningún lugar el suelo evitando que se difunda la sustancia contaminante en el traslado. Por otro lado tampoco hace falta el movimiento de tierras en el lugar como con otras técnicas, evitando así también que se airee el suelo disminuyendo las posibilidades de emitir contaminante a la atmósfera. La técnica de extracción de vapores del suelo es la técnica más usada en la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos volátiles.

Además el proyecto queda justificado por la obligatoriedad del cumplimiento de la legislación vigente, en este caso el REAL DECRETO 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. Este real decreto tiene por objeto establecer una relación de actividades susceptibles de causar contaminación en el suelo, así como adoptar criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. En el REAL DECRETO 9/2005 en su Artículo 7 titulado “Descontaminación de suelos” podemos leer:

1. La declaración de un suelo como contaminado obligará a la realización de las actuaciones necesarias para proceder a su recuperación ambiental en los términos y plazos dictados por el órgano competente.

2. El alcance y ejecución de las actuaciones de recuperación será tal que garantice que la contaminación remanente, si la hubiera, se traduzca en niveles de riesgo aceptables de acuerdo con el uso del suelo.

3. La recuperación de un suelo contaminado se llevará a cabo aplicando las mejores técnicas disponibles en función de las características de cada caso. Las actuaciones de recuperación deben garantizar que materializan soluciones permanentes, priorizando, en la medida de lo posible, las técnicas de tratamiento in situ que eviten la generación, traslado y eliminación de residuos.

4. Siempre que sea posible, la recuperación se orientará a eliminar los focos de contaminación y a reducir la concentración de los contaminantes en el suelo. En el caso de que por razones justificadas de carácter técnico, económico o medioambiental no sea posible esa recuperación, se podrán aceptar soluciones de recuperación tendentes a reducir la exposición, siempre que incluyan medidas de contención o confinamiento de los suelos afectados.

5. Los suelos contaminados perderán esta condición cuando se realicen en ellos actuaciones de descontaminación que, en función de los diferentes usos, garanticen que aquellos han dejado de suponer un riesgo inadmisibles para el objeto de protección designado, salud humana o ecosistemas. En todo caso, un suelo dejará de tener la condición de contaminado para un determinado uso una vez exista y sea firme la resolución administrativa que así lo declare, previa comprobación de la efectividad de las actuaciones de recuperación practicadas.

CAPÍTULO 3: VIABILIDAD DEL PROYECTO

Como se puede ver existen muchas técnicas para la remediación de un suelo contaminado por compuestos orgánicos volátiles, unas más complejas que otras y con distinto rango de efectividad. La técnica de extracción de vapores del suelo es de las más usadas, lo que garantiza su viabilidad.

Para cualquier proyecto que pretenda desarrollarse es preciso que se trate de un proyecto viable. Dicha viabilidad vendrá garantizada por su viabilidad técnica, legal y económica.

3.1. VIABILIDAD TÉCNICA.

Técnicamente el proyecto es viable ya que todo lo necesario para su realización desde el punto de vista de equipos y sus conexiones es altamente conocido en la industria química. Los equipos necesarios son un ciclón para separar aire del agua que pueda contener, un filtro de mangas para eliminar el polvo que pueda contener la corriente, una columna de adsorción para adsorber los compuestos orgánicos volátiles de la corriente de aire antes de su emisión a la atmósfera, un ventilador, una bomba, tuberías y demás accesorios para realizar las conexiones pertinentes, un depósito para el agua separada en el ciclón, además de los aparatos de medida como medidores de presión, de temperatura, de caudal, etc...

Existen muchos compuestos que pueden ser sometidos a SVE para su eliminación del suelo. En la Tabla C3-1 podemos ver una relación de ellos en la que aparecen compuestos orgánicos volátiles halogenados como no halogenados.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

VOCs Considered to be Amenable to SVE	
Halogenated Volatile Organics	
Carbon Tetrachloride	
Chlorobenzene	
Chloroethane	
Chloroform	
1,1-Dichloroethane	
1,1-Dichloroethylene	
1,2-Dichlorobenzene	
1,2-Dichloroethane	
1,2-Dichloroethylene	
1,2-Dichloropropane	
1,4-Dichlorobenzene	
1,1,1-Trichloroethane	
1,1,2-Trichloroethane	
1,1,2,2-Tetrachloroethane	
Ethylene Dibromide	
Methylene Chloride	
Tetrachloroethylene	
Trichloroethylene	
Vinyl Chloride	
Nonhalogenated Volatile Organics	
Ketones/Furans	Acetone Methyl Ethyl Ketone Methyl Isobutyl Ketone
Aromatics	Benzene
	Ethyl Benzene Styrene Toluene
	m-Xylene o-Xylene p-Xylene

Tabla C3-1. Compuestos orgánicos volátiles susceptibles de SVE.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

En la Tabla C3-2 podemos ver la efectividad que presenta la técnica de extracción de vapores del suelo para distintos compuestos orgánicos volátiles:

Effectiveness of SVE on General Contaminant Groups for Soil			
Contaminant Groups		Example of Contaminants	Effectiveness
Organics	Halogenated VOCs	Tetrachloroethene, Trichloroethene	a
	Halogenated SVOCs*	Para-dichlorobenzene	b
	Nonhalogenated VOCs	Gasoline	a
	Nonhalogenated SVOCs*	Diesel fuel	a
	PCBs	Aroclor - 1242	c
	Pesticides	Chlordane	c
	Dioxins/furans	2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin	c
	Organic cyanides		c
	Organic corrosives		c
	Explosives	2,4,6 Trinitrotoluene	c
Inorganics	Volatile metals	Mercury, tetraethyl lead	c
	Nonvolatile metals	Nickel, chromium	c
	Asbestos		c
	Radioactive materials		c
	Inorganic corrosives		c
	Inorganic cyanides	Sodium cyanide	c
Reactive	Oxidizers		c
	Reducers		b
a Demonstrated Effectiveness: Successful treatability test at some scale completed. b Potential Effectiveness: Expert opinion that technology will work. c No Expected Effectiveness: Expert opinion that technology will not work without enhancements. * Demonstrated effectiveness on some compounds in the contaminant group.			
Source: modified from U.S. EPA 1991c			

Tabla C3-2. Efectividad de SVE para el suelo en grupos generales de contaminantes.

Podemos ver que para compuestos como la gasolina y el diesel existe una efectividad demostrada.

A partir del valor de la constante de Henry se puede determinar qué compuestos son más adecuados para aplicar la técnica. En la Tabla C3-3 aparecen los valores de la constante de Henry para compuestos orgánicos típicos.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

Component	283 K	289 K	293 K	298 K	303 K
Nonane	17.21519	20.97643	13.80119	16.92131	18.69235
n-Hexane	10.24304	17.46626	36.70619	31.39026	62.70981
2-Methylpentane	29.99747	29.35008	26.31372	33.72000	34.08841
Cyclohexane	4.43291	5.32869	5.81978	7.23447	8.96429
Chlorobenzene	0.10501	0.11884	0.14175	0.14714	0.19014
1,2-Dichlorobenzene	0.07015	0.06048	0.06984	0.06417	0.09527
1,3-Dichlorobenzene	0.09511	0.09769	0.12222	0.11649	0.16964
1,4-Dichlorobenzene	0.09124	0.09177	0.10767	0.12957	0.15637
o-Xylene	0.12266	0.15267	0.19704	0.19905	0.25164
p-Xylene	0.18076	0.20427	0.26813	0.30409	0.37988
m-Xylene	0.17689	0.20976	0.24859	0.30409	0.35656
Propylbenzene	0.24446	0.30915	0.36623	0.44143	0.55072
Ethylbenzene	0.14030	0.19073	0.24983	0.32208	0.42209
Toluene	0.16397	0.20807	0.23071	0.26240	0.32480
Benzene	0.14203	0.16409	0.18790	0.21581	0.28943
Methylethylbenzene	0.15106	0.17762	0.20910	0.22807	0.30953
1,1-Dichloroethane	0.15838	0.19200	0.23404	0.25545	0.31194
1,2-Dichloroethane	0.05035	0.05498	0.06111	0.05763	0.06995
1,1,1-Trichloroethane	0.41532	0.48635	0.60692	0.71119	0.84819
1,1,2-Trichloroethane	0.01678	0.02664	0.03076	0.03719	0.05346
cis-1,2-Dichloroethylene	0.11620	0.13787	0.14965	0.18556	0.23114
trans-1,2-Dichloroethylene	0.25390	0.29815	0.35625	0.38625	0.48640
Tetrachloroethylene	0.36410	0.46943	0.58614	0.69892	0.98487
Trichloroethylene	0.23154	0.28208	0.35002	0.41690	0.51454
Tetralin	0.03228	0.04441	0.05654	0.07643	0.10773
Decalin	3.01266	3.53977	4.40641	4.78211	7.99952
Vinyl chloride	0.64557	0.71049	0.90207	1.08313	1.12556
Chloroethane	0.32666	0.40515	0.45727	0.49456	0.57484
Hexachloroethane	0.25522	0.23641	0.24568	0.34129	0.41405
Carbon tetrachloride	0.63696	0.80776	0.96442	1.20575	1.51951
1,3,5-Trimethylbenzene	0.17344	0.19454	0.23736	0.27507	0.38711

Tabla C3-3. Constante de Henry para compuestos orgánicos típicos.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

Component	283 K	289 K	293 K	298 K	303 K
Ethylene dibromide	0.01291	0.02030	0.02536	0.02657	0.03216
1,1-Dichloroethylene	0.66278	0.85851	0.90622	1.05860	1.27832
Methylene chloride	0.06025	0.07147	0.10143	0.12098	0.14512
Chloroform	0.07403	0.09854	0.13801	0.17207	0.22270
1,1,2,2-Tetrachloroethane	0.01420	0.00846	0.03035	0.01022	0.02814
1,2-Dichloropropane	0.05251	0.05329	0.07898	0.14592	0.11497
Dibromochloromethane	0.01635	0.01903	0.04282	0.04823	0.06110
1,2,4-Trichlorobenzene	0.05552	0.04441	0.07607	0.07848	0.11939
2,4-Dimethylphenol	0.35678	0.28504	0.41986	0.20150	0.15074
1,1,2-Trichlorotrifluoroethane	6.62785	9.09260	10.18462	13.03840	12.90375
Methyl cellosolve	1.89798	1.53517	4.82210	1.26297	1.53277
Trichlorofluoromethane	2.30684	2.87580	3.34222	4.12815	4.90423

Tabla C3-3. Constante de Henry para compuestos orgánicos típicos. (Conclusión).

En la Tabla C3-4 vemos una comparación entre las distintas técnicas para el control de los compuestos orgánicos volátiles dentro del sistema de extracción de vapores del suelo. Podemos ver que la tecnología de adsorción por carbón es altamente recomendable.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

Control Technology	Applicable Concentration Range ppm	Capacity Range L/s (cfm)	Removal Efficiency	Secondary Wastes	Advantages	Limitations
Thermal Oxidation	100-4,000	94-236,000 (200-500,000)	95-99+%	Combustion products	Up to 95% energy recovery is possible	Halogenated compounds may require additional control equipment downstream. Not recommended for batch operations.
Catalytic Oxidation	100-2,000	94-472,000 (200-100,000)	90-95%	Combustion products	Up to 70% energy recovery is possible	Thermal efficiency suffers with swings in operating conditions. Halogenated compounds may require additional control equipment downstream. Certain compounds can poison the catalyst (lead, arsenic, chlorine, sulfur, particulate matter).
Condensation	>5,000	47.2-9440 (100-20,000)	50-90%	Condensate	Product recovery can offset annual operating costs	Not recommended for material with boiling points <310°K. Condensers are subject to scale buildup, which can cause fouling.
Carbon Absorption	0-5,000	47.2-28,300 (100-60,000)	90-98%	Spent carbon; collected organic	Product recovery can offset costs. Can be used as a concentrator in conjunction with another type of control device. Works well with cyclic processes.	Relative humidity must be adjusted to <50%. Ketones and aldehydes are not efficiently adsorbed.
Resins Adsorption	500-5,000	94.4-472,000 (200-100,000)	95-98%	Wastewater; captured particulate	Product recovery can offset annual operating costs	May require special scrubbing liquids. Equilibrium data needed for design. Packing is subject to fouling and plugging, if particulates are in the gas stream. Scale formation from absorbent/absorber interaction can occur.
Biofiltration	0-1,000	47.2-236,000 (100-500,000)	90-98%	Spent peat or compost or soil. For pelletized packed bed biofilters, periodic cleaning generates wastewater with biosolids	Direct conversion of VOCs to carbon dioxide. Operates at ambient temperature and pressure. Low relative cost.	Can only be applied for biodegradable VOCs. For peat or compost or soil biofilters, the contaminated air stream has to be humidified.
Internal Combustion Engine	>4,000	24-48 (50-100)	90-98%	Combustion products	Combines vacuum pump and offgas treatment.	Requires emissions monitoring; Little additional treatment possible
Flares	>4,000	24-47,200 (50-100,000)	90-98%	Combustion products	Can handle very high VOC concentrations and variations in feed rate/composition.	Substantial support equipment required; Little additional treatment possible

Tabla C3-4. Comparación de tecnologías de control de compuestos orgánicos volátiles.

3.2. VIABILIDAD LEGAL.

La técnica de remediación de suelos contaminados en que se basa este proyecto proporciona resultados que operan dentro de los márgenes especificados por la legislación vigente tanto en materia de suelo como en materia atmosférica y de aguas. Entre la normativa aplicable podemos encontrar:

- * **REAL DECRETO 9/2005**, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
- * **LEY 10/1998**, de 21 de abril, de Residuos. El objeto de la presente Ley es prevenir la producción de residuos, establecer el régimen jurídico de su producción y gestión y fomentar, por este orden, su reducción, su reutilización, reciclado y otras formas de valorización, así como regular los suelos contaminados, con la finalidad de proteger el medio ambiente y la salud de las personas.
- * **REGLAMENTO (CE) N.º 1488/94 DE LA COMISIÓN**, de 28 de junio de 1994, por el que se establecen los principios de evaluación del riesgo para el ser humano y el medio ambiente de las sustancias existentes de acuerdo con el **REGLAMENTO (CEE) N.º 793/93 DEL CONSEJO**, se recogen los elementos necesarios que debe contener una valoración de riesgos.
- * **REAL DECRETO 330/2003**, de 14 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1560/1992, de 18 de diciembre, por el que se aprueba la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE-93).

- * **REAL DECRETO 363/1995**, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

- * **REAL DECRETO 1523/1999**, de 1 de octubre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones petrolíferas, aprobado por **REAL DECRETO 2085/1994**, de 20 de octubre, y las instrucciones técnicas complementarias MI-IP03, aprobada por el **REAL DECRETO 1427/1997**, de 15 de septiembre, y MI-IP04, aprobada por el **REAL DECRETO 2201/1995**, de 28 de diciembre.

- * **LEY 16/2002**, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

- * **DIRECTIVA 91/689/CEE DEL CONSEJO**, de 12 de diciembre de 1991, relativa a los residuos peligrosos.

- * **ORDEN 29 DE ENERO DE 1986**, por la que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones de Almacenamiento de Gases Licuados del Petróleo en Depósitos fijos.

- * **LEY 34/1998, DE 7 DE OCTUBRE**, del Sector de Hidrocarburos, que ordena las actividades de exploración, transporte, distribución y comercialización de los hidrocarburos líquidos y gaseosos.

- * **REAL DECRETO 833/1988**, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la **LEY 20/1986**, básica de residuos tóxicos y peligrosos.

- * **REAL DECRETO 379/2001**, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones

técnicas complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6 y MIE APQ-7.

- * **LEY 7/94**, de 18 de Mayo, de Protección Ambiental, (L.P.A.) que definen el marco normativo y de actuación de la Comunidad Autónoma en materia de Calidad Ambiental.

3.3. VIABILIDAD ECONÓMICA.

El gasto total en la planta asciende a **393252 €** pero hay que tener en cuenta que se han comprado todos los equipos, los cuales son utilizables en posteriores recuperaciones de suelos, lo que nos evitará esa inversión. Es por todo esto por lo que considero el proyecto viable económicamente. Para más información sobre el gasto total de la planta ver el Capítulo 13 del presente documento o el Documento nº 4 del presente proyecto.

CAPÍTULO 4. UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

El presente proyecto no es un caso de aplicación concreta, sino que, con algunas variaciones de disposición de los equipos puede ubicarse y aplicarse a multitud de casos.

En primer lugar lo que va a decidir la aplicación del sistema de extracción de vapores del suelo, SVE, es el resultado de los análisis químicos realizados en el sitio a los contaminantes, ya que, como se ha visto en la Tabla C3-1 no todos los compuestos orgánicos volátiles, VOCs, son susceptibles de aplicación de SVE.

Por otro lado tampoco todos los suelos son recomendables para la utilización de esta técnica. Cuanta mayor compactación del suelo y menos porosidad del mismo más resistencia existe a las corrientes de vapor dificultándose la extracción.

Dependiendo del número de pozos de extracción que haya que construir y de la distribución de los focos contaminantes tendremos una disposición o ubicación determinada de los dispositivos del sistema, que también viene determinada por las condiciones del terreno desde el punto de vista de espacio disponible para la instalación de los equipos, etc.

CAPÍTULO 5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

A rasgos generales el proceso consiste en instalar unos pozos de extracción en la zona contaminada por los compuestos orgánicos volátiles y crear un vacío a través de los pozos, mediante un ventilador, para extraer el contaminante. Pero como se puede ver en la Figura C5-1, el sistema es mucho más complejo.

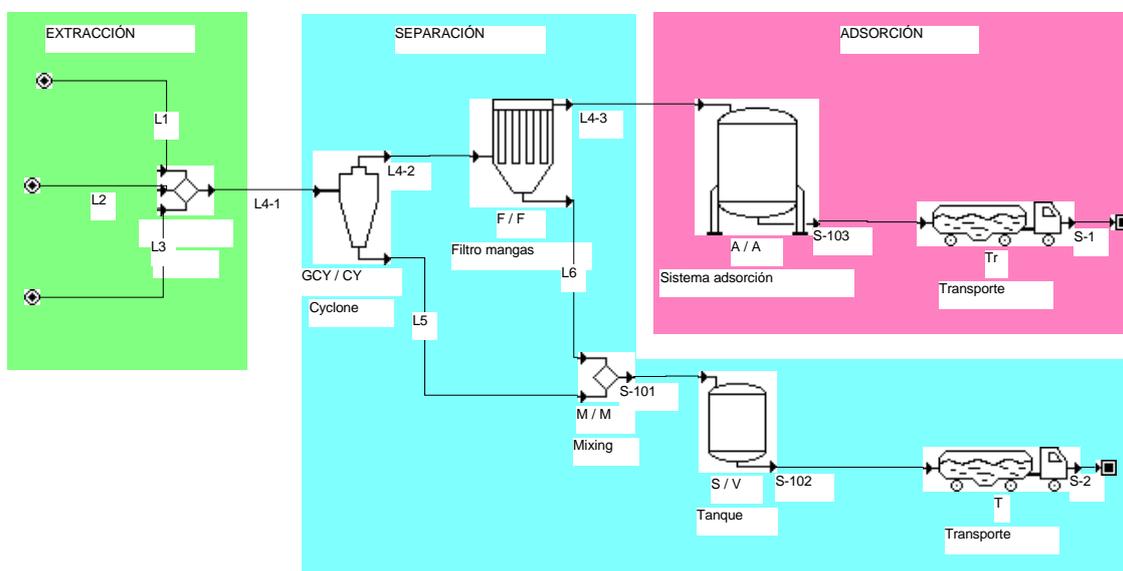


Figura C5-1. Sistema de extracción de vapores del suelo.

Los compuestos orgánicos volátiles son aspirados, junto con la humedad del suelo y las partículas de polvo, por los pozos de extracción. La ubicación de los pozos de extracción está perfectamente calculada a partir del conocimiento de su radio de influencia por estudios pilotos. Estos cálculos se pueden ver en el Anexo 1 y Anexo 2.

Desde los pozos de extracción los vapores del suelo se transportan mediante las líneas L1, L2 y L3 a un punto común para unir las líneas en la línea L4-1. Los cálculos de cada una de las líneas se encuentran reflejados en el Anexo 6.

La línea L4-1 conduce al fluido al separador ciclónico, donde se elimina de la corriente el agua que ésta pueda llevar y parte de las partículas de polvo. Dependiendo de las condiciones climáticas las líneas y el ciclón se pueden aislar o refrigerar para crear unas dimensiones de partículas de agua que favorezca su separación en el ciclón. Los cálculos del ciclón los podemos consultar en el Anexo 3.

La corriente de residuos de salida del ciclón, que contiene agua y polvo principalmente, cae por medio de la gravedad a un depósito donde se almacena para el posterior bombeo que realiza un vehículo especializado con la finalidad de transportarlo a un lugar para su adecuada gestión. A este depósito también son llevados los polvos procedentes del filtro de mangas.

Tras el paso por el ciclón, la corriente es transportada hacia el filtro de mangas por la línea L4-2. En el filtro de mangas se produce la separación de las partículas de polvo que lleva la corriente que no pudieron ser eliminadas en el ciclón. Las características del filtro de mangas se encuentran en el Anexo 4. Del filtro de mangas sale la corriente que se dirige hacia el sistema de adsorción de los compuestos orgánicos volátiles, y la de salida de las partículas de polvo obtenidas. Estos polvos son depositados en el depósito de almacenamiento de los residuos provenientes del ciclón, los cuales, como ya se ha dicho, son llevados a un lugar para su adecuado tratamiento.

Tras el paso por el filtro de mangas tenemos una corriente que contiene principalmente aire y compuestos orgánicos volátiles. Esta es la corriente que circula por la línea L4-3 que se dirige hacia el sistema de adsorción de los compuestos orgánicos volátiles mediante carbón activo. El sistema de adsorción consiste en unidades desechables. Cada unidad con recipiente de carbón desechable consiste en un recipiente, carbón activado, conducciones de entrada y de distribución que conducen al lecho de carbón y una conexión de salida para la corriente de gas purificado. Estos recipientes, una vez que alcanzan un cierto

contenido de compuestos orgánicos volátiles, se reemplazan por otros y se desecha, regresando los recipientes a la planta de reclamación. Por lo tanto en nuestro proceso entra una corriente que contiene aire, agua, polvo y compuestos orgánicos volátiles, y sale una corriente de aire limpio además de residuos como agua y polvo, y recipientes de carbón activo con los COVs.

CAPÍTULO 6. MATERIAS PRIMAS Y COMPOSICIÓN DE ENTRADA

A continuación se describen las materias primas necesarias para el correcto funcionamiento de la planta y la composición de la corriente de entrada.

Para nuestra instalación la única materia prima necesaria es el carbón activo del sistema de adsorción, pero no es posible caracterizarlo ya que es un producto comprado al fabricante y que, como es lógico, se reserva a dar datos concretos de la composición de su producto.

Si la planta se encuentra ubicada en un lugar que no cuenta con energía eléctrica, también podemos considerar como materia prima el carburante necesario para el generador necesario para la producción de energía que demanda el ventilador y los demás sistemas. Las características físico-químicas del Fuel Oil N°2, comúnmente usado para este tipo de artilugios son las siguientes:

- * C (%): 97.3
- * H (%): 9.2
- * S (%): 3.6
- * N (%): 1
- * Agua (%): 2
- * Cenizas (%): 0.5
- * P.C.S. (KJ/Kg): 41500
- * P.C.I. (KJ/Kg): 39400

En el presente proyecto se recupera un suelo contaminado por compuestos orgánicos volátiles mediante la extracción de los mismos por el sistema diseñado, así que voy a comentar la composición de la corriente de entrada dándole carácter de materia prima del sistema.

El principal componente que entra en el sistema es el aire. La composición del aire suele ser la siguiente:

- * N₂ (%): 78.03
- * O₂ (%): 20.03
- * Ar (%): 0.94
- * CO₂ (%): 0.03
- * H₂, He, Ne, Kr, Xe (%): 0.01

Masa molar promedio = 29.0

En la corriente de entrada también entra agua como humedad de aire y polvo en muy pequeñas cantidades.

La otra sustancia que entra en el sistema y que es la que más nos interesa es la gasolina. La gasolina regular tiene la composición mostrada en la Tabla C6-1. Cuando la gasolina queda expuesta al medio ambiente cambia su composición, que es la que se muestra en la Tabla C6-2.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

Component Number	Chemical Formula	MW (g)	Mass Fraction	Mole Fraction
Propane	C3H8	44.1	0.0001	0.0002
Isobutane	C4H10	58.1	0.0122	0.1999
n-Butane	C4H10	58.1	0.0629	0.1031
trans-2-Butene	C4H10	56.1	0.0007	0.0012
cis-2-Butene	C4H10	56.1	0.0000	0.0000
3-Methyl-1-butene	C5H10	70.1	0.0006	0.0008
Isopentane	C5H12	72.2	0.1049	0.1384
1-Pentene	C5H10	70.1	0.0000	0.0000
2-Methyl-1-butene	C5H10	70.1	0.0000	0.0000
2-Methyl-1,3-butadiene	C5H8	68.1	0.0000	0.0000
n-Pentane	C5H12	72.2	0.0586	0.0773
trans-2-Pentene	C5H10	70.1	0.0000	0.0000
2-Methyl-2-butene	C5H10	70.1	0.0044	0.0060
3-Methyl-1,2-butadiene	C5H8	68.1	0.0000	0.0000
3,3-Dimethyl-1-butene	C6H12	84.2	0.0049	0.0055
Cyclopentane	C5H10	70.1	0.0000	0.0000
3-Methyl-1-pentene	C6H12	84.2	0.0000	0.0000
2,3-Dimethylbutane	C6H14	86.2	0.0730	0.0807
2-Methylpentane	C6H14	86.2	0.0273	0.0302
3-Methylpentane	C6H14	86.2	0.0000	0.0000
n-Hexane	C6H14	86.2	0.0283	0.0313
Methylcyclopentane	C6H12	84.2	0.0000	0.0000
2,2-Dimethylpentane	C7H16	100.2	0.0076	0.0093
Benzene	C6H6	78.1	0.0076	0.0093
Cyclohexane	C6H12	84.2	0.0000	0.0000
2,3-Dimethylpentane	C7H16	100.2	0.0390	0.0371
3-Methylhexane	C7H16	100.2	0.0000	0.0000
3-Ethylpentane	C7H16	100.2	0.0000	0.0000
2,2,4-Trimethylpentane	C8H18	114.2	0.0121	0.0101
n-Heptane	C7H16	100.2	0.0063	0.0060
Methylcyclohexane	C7H14	98.2	0.0000	0.0000

Tabla C6-1. Composición de una gasolina regular.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

Component Number	Chemical Formula	MW (g)	Mass Fraction	Mole Fraction
2,2-Dimethylhexane	C8H18	114.2	0.0055	0.0046
Toluene	C7H8	92.1	0.0550	0.0568
2,3,4-Trimethylpentane	C8H18	114.2	0.0121	0.0101
2-Methylheptane	C8H18	114.2	0.0155	0.0129
3-Methylheptane	C8H18	114.2	0.0000	0.0000
n-Octane	C8H18	114.2	0.0013	0.0011
2,4,4-Trimethylhexane	C9H20	128.3	0.0087	0.0065
2,2-Dimethylheptane	C9H20	128.3	0.0000	0.0000
p-Xylene	C8H10	106.2	0.0957	0.0858
m-Xylene	C8H10	106.2	0.0000	0.0000
3,3,4-Trimethylhexane	C9H20	128.3	0.0281	0.0209
o-Xylene	C8H10	106.2	0.0000	0.0000
2,2,4-Trimethylheptane	C10H22	142.3	0.0105	0.0070
3,3,5-Trimethylheptane	C10H22	142.3	0.0000	0.0000
n-Propylbenzene	C9H12	120.2	0.0841	0.0666
2,3,4-Trimethylheptane	C10H22	142.3	0.0000	0.0000
1,3,5-Trimethylbenzene	C9H12	120.2	0.0411	0.0325
1,2,4-Trimethylbenzene	C9H12	120.2	0.0213	0.0169
Methylpropylbenzene	C10H14	134.2	0.0351	0.0249
Dimethylethylbenzene	C10H14	134.2	0.0307	0.0218
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	C10H14	134.2	0.0133	0.0094
1,2,3,4-Tetramethylbenzene	C10H14	134.2	0.0129	0.0091
1,2,4-Trimethyl-5-ethylbenzene	C11H16	148.2	0.0405	0.0260
n-Dodecane	C12H26	170.3	0.0230	0.0129
Naphthalene	C10H8	128.2	0.0045	0.0033
n-Hexylbenzene	C12H20	162.3	0.0000	0.0000
Methylnaphthalene	C11H10	142.2	0.0023	0.0015
Total			0.9917	1.0000

Tabla C6-1. Composición de una gasolina regular. (Conclusión).

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

Component Number	Chemical Formula	MW (g)	Mass Fraction	Mole Fraction
Propane	C3H8	44.1	0.0000	0.0000
Isobutane	C4H10	58.1	0.0000	0.0000
n-Butane	C4H10	58.1	0.0000	0.0000
Trans-2-Butene	C4H10	56.1	0.0000	0.0000
cis-2-Butene	C4H10	56.1	0.0000	0.0000
3-Methyl-1-butene	C5H10	70.1	0.0000	0.0000
Isopentane	C5H12	72.2	0.0200	0.0290
1-Pentene	C5H10	70.1	0.0000	0.0000
2-Methyl-1-butene	C5H10	70.1	0.0000	0.0000
2-Methyl-1,3-butadiene	C5H8	68.1	0.0000	0.0000
n-Pentane	C5H12	72.2	0.0114	0.0169
trans-2-Pentene	C5H10	70.1	0.0000	0.0000
2-Methyl-2-butene	C5H10	70.1	0.0000	0.0000
3-Methyl-1,2-butadiene	C5H8	68.1	0.0000	0.0000
3,3-Dimethyl-1-butene	C6H12	84.2	0.0000	0.0000
Cyclopentane	C5H10	70.1	0.0000	0.0000
3-Methyl-1-pentene	C6H12	84.2	0.0000	0.0000
2,3-Dimethylbutane	C6H14	86.2	0.0600	0.0744
2-Methylpentane	C6H14	86.2	0.0000	0.0000
3-Methylpentane	C6H14	86.2	0.0000	0.0000
n-Hexane	C6H14	86.2	0.0370	0.0459
Methylcyclopentane	C6H12	84.2	0.0000	0.0000
2,2-Dimethylpentane	C7H16	100.2	0.0000	0.0000
Benzene	C6H6	78.1	0.0100	0.0137
Cyclohexane	C6H12	84.2	0.0000	0.0000
2,3-Dimethylpentane	C7H16	100.2	0.1020	0.1088
3-Methylhexane	C7H16	100.2	0.0000	0.0000
3-Ethylpentane	C7H16	100.2	0.0000	0.0000
2,2,4-Trimethylpentane	C8H18	114.2	0.0000	0.0000
n-Heptane	C7H16	100.2	0.0800	0.0853
Methylcyclohexane	C7H14	98.2	0.0000	0.0000

Tabla C6-2. Composición de una gasolina ambientada.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

Component Number	Chemical Formula	MW (g)	Mass Fraction	Mole Fraction
2,2-Dimethylhexane	C8H18	114.2	0.0000	0.0000
Toluene	C7H8	92.1	0.1048	0.1216
2,3,4-Trimethylpentane	C8H18	114.2	0.0000	0.0000
2-Methylheptane	C8H18	114.2	0.0500	0.0468
3-Methylheptane	C8H18	114.2	0.0000	0.0000
n-Octane	C8H18	114.2	0.0500	0.0468
2,4,4-Trimethylhexane	C9H20	128.3	0.0000	0.0000
2,2-Dimethylheptane	C9H20	128.3	0.0000	0.0000
p-Xylene	C8H10	106.2	0.1239	0.1247
m-Xylene	C8H10	106.2	0.0000	0.0000
3,3,4-Trimethylhexane	C9H20	128.3	0.0250	0.0208
o-Xylene	C8H10	106.2	0.0000	0.0000
2,2,4-Trimethylheptane	C10H22	142.3	0.0000	0.0000
3,3,5-Trimethylheptane	C10H22	142.3	0.0250	0.0188
n-Propylbenzene	C9H12	120.2	0.0829	0.0737
2,3,4-Trimethylheptane	C10H22	142.3	0.0000	0.0000
1,3,5-Trimethylbenzene	C9H12	120.2	0.0250	0.0222
1,2,4-Trimethylbenzene	C9H12	120.2	0.0250	0.0222
Methylpropylbenzene	C10H14	134.2	0.0373	0.0297
Dimethylethylbenzene	C10H14	134.2	0.0400	0.0319
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	C10H14	134.2	0.0400	0.0319
1,2,3,4-Tetramethylbenzene	C10H14	134.2	0.0000	0.0000
1,2,4-Trimethyl-5-ethylbenzene	C11H16	148.2	0.0000	0.0000
n-Dodecane	C12H26	170.3	0.0288	0.0181
Naphthalene	C10H8	128.2	0.0100	0.0083
n-Hexylbenzene	C12H20	162.3	0.0119	0.0078
Methylnaphthalene	C11H10	142.2	0.0000	0.0000
Total			1.0000	1.0000

Tabla C6-2. Composición de una gasolina ambientada. (Conclusión).

CAPÍTULO 7. MAQUINARIA Y EQUIPOS.

7.1. POZOS DE EXTRACCIÓN.

Los estándares para materiales e instalación de pozos de extracción han sido desarrollados por organizaciones como American Society for Testing and Materials (ASTM), la American Water Works Association (AWWA), el American National Standards Institute (ANSI), la National Sanitation Foundation (NSF), y USEPA.

Normalmente se usa PVC de diámetros de 100 a 150 mm (4 a 6 in) para las tuberías de los pozos de extracción en SVE. Los cálculos referentes a la determinación del número de pozos y sus dimensionamientos, se encuentran en los Anexos 1 y 2 respectivamente de la memoria.

Se puede optar por diámetros mayores para incrementar la capacidad de flujo, pero también requiere mayores agujeros. De todas formas las dimensiones las podemos obtener del estudio neumático realizado en los respectivos anexos.

Se pueden usar otros materiales para la tubería si los contaminantes, a las concentraciones de trabajo, pueden dañar el PVC. Los materiales con apropiadas propiedades físicas y resistencia química se pueden usar en lugar del PVC cuando sea económicamente viable.

Es conveniente usar materiales resistentes al calor como el acero si se tiene intención de mejorar la técnica de SVE aplicando calor al lugar. Las tuberías de PVC expuestas a la luz del sol deberían de protegerse o tratar con el fin de que la radiación ultravioleta no deteriore el material. La tubería debe estar perfectamente fijada para resistir los esperados cambios de presión.

Para el presente proyecto se ha optado por tuberías de acero para los pozos de extracción por si en un futuro uso se aplica calor al terreno, y también para poder aprovechar los restos de acero de las tuberías superficiales obtenidos al hacer cambios en lugares donde existan terrenos a tratar. Quiero decir con esto que nuestras instalaciones pueden ser llevadas a otro lugar para tratar otros terrenos en los que exista una disposición de pozos diferente, teniendo que configurar las tuberías a los nuevos requerimientos, por lo que podemos dar con tramos de tuberías de acero usadas para la conducción de los fluidos con los que podamos construir los pozos.

Por los cálculos realizados en el Anexo 2 de la memoria he decidido usar tuberías de acero de 4 in de diámetro.

El colador o la rejilla del pozo es normalmente PVC o acero con ranuras abiertas o encamisado continuo con orificios. El encamisado continuo con orificios es el preferido porque la mayor área abierta reduce la pérdida de presión a través del colador reduciendo los costes de energía por el ventilador. El tamaño de las ranuras es normalmente de 0.5 mm pero debe ser tan grande como sea posible para reducir las pérdidas de presión o de vacío a través del colador. Se suelen usar tamaños de ranura de 1.01 mm o mayores. Mayores tamaños de ranura puede, en algunos casos, favorecer la entrada de partículas abrasivas en el flujo.

El material del pack filtrante debe ser de arena o grava sin contaminantes con un alto grado de uniformidad disponible en el mercado. Es preferible un coeficiente de uniformidad, C_u , de 2.5 o menos. Se debe tener en cuenta el tamaño de grano y el tamaño de ranura del colador.

El sellado del pozo es necesario para prevenir la entrada de sedimento dentro del filtro y del colador. Restos de bentonita sódica como pellets (pastillas), gránulos, o grandes trozos de bentonita se usan como material de sellado. La

mezcla para el enlucido suele ser específica y es normalmente de 42 Kg de cemento (opcionalmente con 2.5 Kg de bentonita) con menos de 18 litros de agua clara.

7.2. TUBERÍAS.

El sistema de tuberías para SVE normalmente incluye líneas de vacío, líneas de presión, tomas de muestra y líneas de condensado. Se tienen que considerar los siguientes puntos a la hora de diseñar el sistema de tuberías: los límites de presión, límites de temperatura, aislamiento, consideraciones mecánicas, neumáticas e hidráulicas, masa eléctrica a tierra y compatibilidad química.

Los cálculos para el dimensionamiento de las tuberías se encuentran realizados en el Anexo 6 de la memoria. A partir de estos cálculos tomamos la decisión de adquirir tuberías de 4 in para las líneas L1, L2 y L3 de acero. Para las líneas L4-x se tomarán diámetros de 6 in. Las líneas de salida de los equipos se decidirán según los consejos del fabricante del equipo en cuestión a partir de sus dimensiones.

La presión de diseño no debe exceder el límite máximo permitido para el sistema de tuberías menos un factor razonable de seguridad (50 %). Se deben incluir válvulas de seguridad donde sea necesario. Las tuberías de PVC no son apropiadas para usos que involucren altas presiones porque podrían no soportar el stress impuesto.

Las conducciones de plástico como PVC, CPVC, PPE o PVDF, se pueden usar para SVE, pero no se deben superar los límites de temperatura. No se deben usar tuberías de plástico en la descarga del ventilador, ya que en el momento en

que el ventilador se sobrecalienta la tubería podría fundirse. Todas estas consideraciones hacen que estemos cada vez más convencidos en el uso de tuberías de acero.

En algunas ocasiones es necesario aislar térmicamente las tuberías para evitar o prevenir condensaciones indeseadas.

Los soportes para las tuberías deben ser diseñados y espaciados en concordancia con ANSI/MMS SP-58, -69, -89 y -90.

Se debe poner una toma a tierra a las tuberías para evitar que se genere una carga estática en las mismas pudiendo dar lugar a una chispa que, junto con la composición de hidrocarburos de la corriente a tratar, desemboque en fuego o explosión en las instalaciones.

7.3. CICLÓN.

Con este equipo vamos a realizar la separación del agua y del polvo que lleva la corriente de fluido. Los cálculos para el dimensionamiento del ciclón se encuentran realizados en el Anexo 3 de la memoria. La Figura A3-1 es una representación del ciclón que se va a utilizar.

Las dimensiones del ciclón necesario son las siguientes:

$$D_c = 0.4 \text{ m}$$

$$B_c = D_c/4 = 0.1 \text{ m}$$

$$H_c = D_c/2 = 0.2 \text{ m}$$

$$D_e = D_c/2 = 0.2 \text{ m}$$

$$L_c = 2 \cdot D_c = 0.8 \text{ m}$$

$$Z_c = 2 \cdot D_c = 0.8 \text{ m}$$

$$S_c = D_c/8 = 0.05 \text{ m}$$

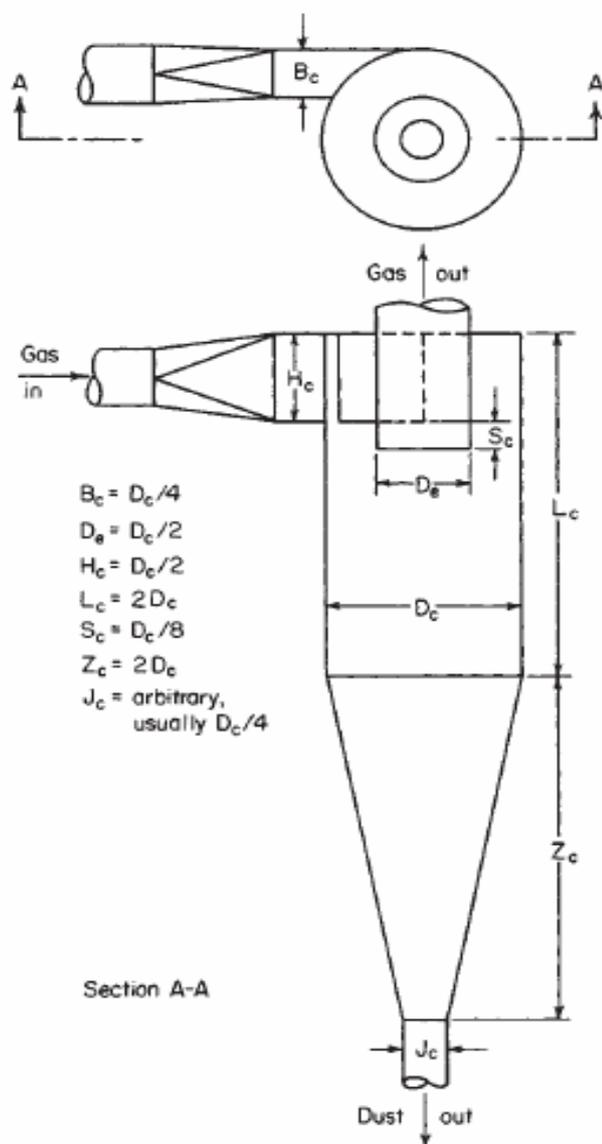
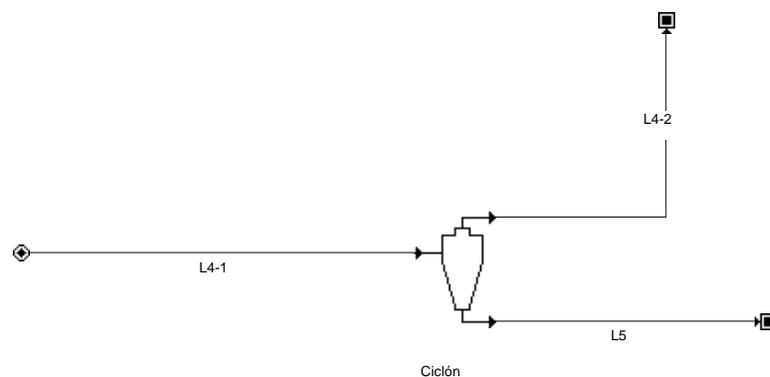


Figura A3-1. Ciclón

El material con el que suele estar fabricado el ciclón es con acero inoxidable, pero el fabricante, a partir de los datos que le facilitamos tanto de las dimensiones como de la composición del flujo con el que vamos a operar, nos asesorará sobre la mejor opción.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

En la Figura A3-3 se representan los datos obtenidos del balance de materia al ciclón.



BALANCE DE MATERIA			
LINEA	L4-1	L4-2	L5
Air	1507,316	1507,316	0.0000
Polvo	1,300	0.8190	0.4810
Gasolina	3,000	3,000	0.0000
Agua	8,966	0.1793	8,787
TOTAL (kg/h)	1520,582	1511,315	9,268
TOTAL (m3/h)	1271,880	1271,871	0.0093

Figura A3-3. Datos obtenidos de SuperPro Designer® Versión 3.10

7.4. FILTRO DE MANGAS.

El polvo que contiene la corriente de salida del ciclón sigue su curso hacia el filtro de mangas, en donde se eliminará el polvo restante que no se ha podido eliminar en el ciclón. Los cálculos realizados para determinar las dimensiones y características del filtro de mangas se encuentran en Anexo 4.

Para nuestro caso se puede elegir el modelo Dalamatic DLM-C de la marca Torit o similar.

Características técnicas:

El filtro está formado por módulos que contienen una columna de 10 elementos filtrantes cada uno, montados en una placa hermética de soporte. Los elementos están encajados en serie en la placa soporte y la disposición hermética individualizada separa eficazmente el lado sucio (entrada) del lado limpio (salida). La retirada de los elementos filtrantes siempre se lleva a cabo desde el lado limpio del filtro. Cada elemento filtrante desmontable es de forma rectangular y consiste en una jaula metálica para soportar la manga filtrante. En la parte superior de la jaula se suelda un colector de salida con brida de sujeción y cierre. La propia manga filtrante es de forma rectangular, con una junta de cierre elástico en el extremo abierto. La manga se coloca tirando de ella por encima de la jaula de soporte hasta que la junta de cierre llega a la brida. La junta se comprime al sujetar el panel filtrante a la plancha de soporte, separando eficazmente el lado sucio del lado limpio del filtro.

La placa soporte de mangas está constituida en chapa de acero, de estructura rectangular, con amplias pestañas que aportan rigidez, e incorpora unos alojamientos en forma de ranuras en las que se introducen los paneles y se sujetan con bridas.

El material elegido para las mangas es Nómex, un polímero resistente a elevadas temperaturas. La carcasa del filtro es de acero inoxidable.

Dimensiones:

- * Alto: 3921 mm.
- * Largo: 705 mm.
- * Ancho: 3365 mm.
- * Diámetro de la manga: 300 mm.
- * Longitud de la manga: 1500 mm.
- * Número de compartimentos : 12.
- * Numero de mangas por compartimentos: 10.
- * Área neta de limpieza: 180 m².

7.5. SISTEMA DE ADSORCIÓN.

En esta sección del proceso el hidrocarburo contenido en la corriente es adsorbido por el carbón activo contenido en los recipientes. Los cálculos y consideraciones hechas para este sistema se encuentran en el Anexo 5 de la memoria.

Para el presente proyecto se ha elegido el sistema de cartuchos o recipientes desechables de VentSorb[®], aunque se podrá utilizar cualquier otro de similares características. Las especificaciones del fabricante se encuentran en la Figura A5-2.

Ventsorb Specifications

Vessel	Open head 16 gauge steel canister
Max. Operating Pressure	4 psig
Cover	Removable steel cover, 12 gauge bolt ring with polycord gasket
Internal Coating	Heat cured 100% phenolic
External Coating	High solids enamel
Temperature	350°F (intermittent) (176.7°C)
Inlet	2" FNPT: 304 stainless steel screen distributor
Outlet	2" FNPT
Max. Flow	100 cfm (2.83m ³ min.)
Carbon	180 pounds Pellet BG or BPL 4x10 or VPR
Ship Weight	247 pounds (112.3 kg)
Identification	VentSorbs sequentially numbered for reference

Figura A5-2. Especificaciones del fabricante. Cortesía de Calgon Carbon Corporation.

VentSorb[®] proporciona recipientes de un volumen de 208.2 litros con 81.65 Kg de carbón activo que llegan a pesar 112.3 Kg. Estos contenedores contienen todos los elementos necesarios para un sistema de adsorción como carbón activado, conexión de entrada y distribución, y una conexión de salida para la línea de aire purificado. El aire se distribuye a través del lecho de carbón por un sistema de acero resistente a la corrosión.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

La Figura A5-1 muestra el aspecto de un recipiente de carbón activo de la marca Calgon Carbon Corporation.

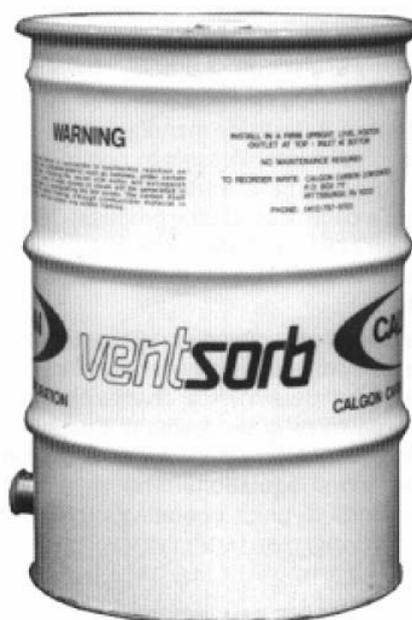


Figura A5-1. Recipiente de carbón activo. Cortesía de Calgon Carbon Corporation.

Aunque del sistema de adsorción se encarga la empresa suministradora, teniendo en cuenta los caudales máximos permitidos por cada recipiente se prevé que se van a necesitar al menos 8 recipientes en paralelo.

7.6. VENTILADOR.

El ventilador es el encargado de crear el vacío mediante el cual se van a extraer los vapores del suelo. Los cálculos referentes al ventilador se encuentran en el Anexo 6 de la memoria.

Debido a la cortesía de Sodeca S.A., que me ha facilitado un catálogo interactivo he elegido un ventilador centrífugo perteneciente a esta firma, pero, lógicamente, se podrá usar otro de características similares.

Las características del ventilador centrífugo son las siguientes:

- Carcasa en chapa de acero laminado.
- Turbinas en fundición de aluminio y en chapa de acero laminado con álabes a reacción de alto rendimiento. Espacialmente estudiadas con métodos aerodinámicos para conseguir máximas prestaciones con mínimo nivel sonoro.
- Temperatura máxima del aire a transportar de 120 °C.
- Motores asíncronos, con rotor de jaula de ardilla. En ejecución de serie se suministran con motor trifásico 230/400 V, 50 Hz. Aislamiento eléctrico clase F. Protección IP-55.
- Acabado anticorrosivo en polvo de resina epoxi, secado al horno a 200 °C con previo fosfatado de zinc.
- Bajo demanda:
 - Ejecución antiexplosiva (Eex “e”) y antideflagrante (Eex “d”).
 - Ventilador preparada para transportar aire hasta una temperatura máxima de 250 °C.
 - Construcción en inoxidable AISI 304 o AISI 316.

Las características técnicas del ventilador se pueden observar en la Figura A6-3.

CAS-790-2T-20

Velocidad:	2920	r.p.m.
Intensidad máx. admisible:	230 V: 400 V: 26,5	A
Potencia:	15	kW
Caudal máximo:	2100	m ³ /h
Nivel presión sonora (Lp):	88	dB(A)
Peso aprox.:	245	kg

Espectro potencia sonora (LwA):

63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz
73	77	88	99	105	96	89	83	dB(A)

Figura A6-3. Características técnicas del modelo CAS-790-2T-20.

7.7. VÁLVULAS.

Las válvulas en SVE son utilizadas para el control de caudal de flujo y el control on/off. Un sistema típico de SVE tendrá una válvula de control de flujo en cada línea de extracción, por lo que necesitaremos tres válvulas de control.

Las válvulas pueden ser controladas manual o automáticamente mediante una fuente de potencia eléctrica o neumática. Los actuadores neumáticos tienden a ser más simples y menos costosos que los actuadores eléctricos y se prefieren particularmente para las aplicaciones con riesgo de explosión.

La mayoría de las consideraciones hechas en las tuberías también se pueden aplicar a las válvulas. Las válvulas deben ser químicamente compatibles con el fluido, debe operar con seguridad en los rangos de presión y temperatura establecidos para el sistema, no deben crear una excesiva pérdida por fricción cuando esté completamente abierta, y en algunos casos debe ser aislada o calentada para prevenir la condensación. También el rango de operación de una válvula de control debe adecuarse a los requerimientos de control de la aplicación.

Las válvulas de control debe dimensionarlas el fabricante adecuadamente. Una válvula de control de flujo funciona creando una pérdida de presión desde la entrada a la salida de la válvula. Si la válvula es muy grande operará mayormente en las cercanías de la posición de cerrado, dando poca sensibilidad y acción de control. Si el tamaño de la válvula es muy pequeño, el rango superior de la válvula limitará el flujo. Las fórmulas y los procesos de dimensionamiento varían con el fabricante de la válvula. Los cálculos típicos implican el cálculo de un factor de capacidad C_v que depende del caudal de flujo, de la gravedad específica del fluido y de la pérdida de presión. Para nuestro sistema el fabricante tendrá que tener en cuenta que el diámetro de nuestras tuberías son de 4 y 6 in.

También incorporaremos a nuestro sistema una válvula de seguridad a cada línea de extracción y a la línea principal en cada uno de sus tramos, por lo que necesitaremos 6 válvulas de seguridad para disminuir o evitar los daños causados por una sobrepresión en el sistema.

7.8. MEDIDORES DE PRESIÓN, CAUDAL Y TEMPERATURA.

Para el presente proyecto usaremos un medidor de presión para cada una de las líneas de extracción y para cada uno de los tramos de la línea L4. Por tanto haremos uso de al menos 6 medidores de presión. Conocer la presión en cada una de las líneas es importante por razones de seguridad en el sistema para no sobrepasar los límites de seguridad de las conducciones, pero además es importante para detectar fallos en el funcionamiento de las líneas o en los pozos de extracción. El fabricante nos indicará el mejor modelo de medidor de presión para nuestro sistema, teniendo en cuenta los rangos de presión a medir, la sensibilidad necesaria y la compatibilidad con el fluido a tratar. Los medidores de presión podrán estar conectados al sistema informático para tener un monitoreo constante de las medidas realizadas.

También es importante conocer el caudal en cada uno de los tramos del sistema.

7.9. TANQUES.

En el presente proyecto se va a hacer uso de un tanque o depósito para la acumulación del agua y el polvo separados en el ciclón y el filtro de mangas. Cuando la materia separada que se encuentra en el depósito llega a un determinado nivel, un vehículo dotada de bomba y depósito bombea el fango y lo traslada al lugar de tratamiento.

El depósito se debe instalar a menor nivel de altitud que el ciclón para conseguir que el agua separada llegue a éste impulsado únicamente por la fuerza de gravedad, evitando el uso de bombas. El polvo separado en el filtro de mangas se depositará en el tanque manualmente, por lo que se mezclará con el agua formando un fango que la empresa que lo acoja se encargará de tratar.

Si diariamente se depositan 240 L de agua más polvo, semanalmente se depositan 1680 L, pero por seguridad sería mejor adquirir un depósito de 3000 L por la posible existencia de problemas en la recogida, lo que nos permitiría tener unos días de margen para operar sin problemas.

El depósito normalmente estará fabricado de polímero reforzado, aunque el fabricante nos aconsejará sobre la mejor opción. Es necesario que el tanque se pueda cubrir o tapar para evitar la evaporación del agua y otros componentes presentes, pero debe poder abrirse para poder incluir los polvos del filtro de mangas.

CAPÍTULO 8. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

La distribución en planta de los equipos del presente proyecto se ha realizado atendiendo a un caso hipotético como ya se ha mencionado y al espacio disponible entre ellos, de forma que las labores de mantenimiento puedan ejecutarse sin ningún inconveniente y buscando la comodidad para el trabajador. Ver el plano nº 1 para comprender la distribución de los equipos. El ventilador suele estar situado entre el filtro de mangas y el sistema de adsorción.

CAPÍTULO 9. OBRA CIVIL

Se realizará una descripción de la obra civil requerida para la realización del presente proyecto.

La obra civil consiste básicamente en la construcción de una solera de hormigón para el apoyo y el anclaje del ciclón, del filtro de mangas y del sistema de adsorción, aunque de este último se encarga la empresa contratada para el sistema de adsorción. También se debe construir una solera para el asentamiento del depósito que recogerá el agua y el polvo. Se acondicionará el suelo para construir las soleras correspondientes de hormigón de 40 cm de espesor, armada con doble mallazo de acero. En dichas superficies se anclan los equipos. También se construirá otro para situar el ventilador.

CAPÍTULO 10. SEGURIDAD.

En este capítulo se realizará una descripción de las medidas generales de seguridad de obligado cumplimiento según el REAL DECRETO 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6 y MIE APQ-7. Más concretamente haremos uso de la instrucción MIE APQ-1 «almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles».

En el artículo 1 de la citada instrucción se dice: La presente instrucción tiene por finalidad establecer las prescripciones técnicas a las que han de ajustarse el almacenamiento, carga y descarga y trasiego de los líquidos inflamables y combustibles.

Nuestra instalación es un caso muy particular, pero podemos hacer uso de esta instrucción como guía para nuestro sistema de seguridad. También es importante la clasificación realizada en el artículo 4:

Artículo 4. Clasificación de productos.

1. Clase A. Productos licuados cuya presión absoluta de vapor a 15 °C sea superior a 1 bar. Según la temperatura a que se los almacena puedan ser considerados como:

- a) Subclase A1. Productos de la clase A que se almacenan licuados a una temperatura inferior a 0 °C.
- b) Subclase A2. Productos de la clase A que se almacenan licuados en otras condiciones.

2. Clase B. Productos cuyo punto de inflamación es inferior a 55 °C y no están comprendidos en la clase A.

Según su punto de inflamación pueden ser considerados como:

- a) Subclase B1. Productos de clase B cuyo punto de inflamación es inferior a 38 °C.

- b) Subclase B2. Productos de clase B cuyo punto de inflamación es igual o superior a 38 °C e inferior a 55 °C.
- 3. Clase C. Productos cuyo punto de inflamación está comprendido entre 55 °C y 100 °C.
- 4. Clase D. Productos cuyo punto de inflamación es superior a 100 °C.

En el presente proyecto es una empresa contratada la que se encarga de la gestión del sistema de más peligro, como son los recipientes de adsorción, ya que es donde se acumulan los compuestos orgánicos volátiles, por lo que tienen más riesgos de inflamación y explosión. Dicha empresa se encarga del diseño y aplicación del sistema de seguridad para esta parte de la planta. No obstante, para nuestra mayor información, podemos ver el capítulo 4 de la instrucción que estamos citando dedicado a la protección contra incendios en instalaciones fijas de superficie. El artículo 24 se dedica a las generalidades:

Artículo 24. Generalidades.

La protección contra incendios en un almacenamiento de líquidos inflamables y/o combustibles y sus instalaciones conexas está determinada por el tipo de líquido, la forma de almacenamiento, su situación y/o la distancia a otros almacenamientos; por lo que, en cada caso, deberá seleccionarse el sistema y agente extintor que más convenga, siempre que cumpla con los requisitos mínimos que, de forma general, se establecen en el presente capítulo. Las instalaciones, los equipos y sus componentes destinados a la protección contra incendios se ajustarán a lo establecido en el Real Decreto 1942/1993, de 5 noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios. Cuando las propiedades del líquido almacenado u otras circunstancias específicas hagan inadecuado alguno de los sistemas de protección establecidos en este capítulo, se deberá justificar este aspecto e instalar una protección adecuada que sea equivalente o más rigurosa. Los almacenamientos fijos de superficie situados en el interior de edificios abiertos, entendiéndose por tales aquéllos cuya relación superficie abierta/volumen del recinto sea superior a 1/15 m²/m³, estarán sujetos a los mismos requerimientos de protección que los

almacenamientos fijos de superficie situados en el exterior. Los almacenamientos de líquidos de las clases A, B y C situados en el interior de edificios cerrados deberán estar protegidos por sistemas fijos, bien de agua pulverizada, de espuma, de polvo u otro agente efectivo. Estos sistemas podrán ser manuales, siempre que exista, durante las veinticuatro horas del día, personal entrenado en su puesta en funcionamiento. Los almacenamientos fijos de superficie deberán disponer de instalación de protección contra el rayo. Los sistemas de protección deberán mantenerse en condiciones de funcionamiento en todo momento mediante las inspecciones, pruebas, reparaciones y/o reposiciones oportunas. Se deberá tener en cuenta el rebosamiento por ebullición («boil-over») a la hora de diseñar la protección con agua de los recipientes. En caso de incendio de un tanque de un producto inmiscible con el agua y de punto de ebullición más alto que el de ésta, si existe agua en el fondo del tanque, la onda de calor de la superficie puede llegar a vaporizarla bruscamente. Se produciría entonces una eyección del producto inflamado (bola de fuego), con intenso flujo térmico.

Artículo 25. Protección con agua.

1. No necesitan red de agua contra incendios los almacenamientos de superficie cuando su capacidad global no exceda de:

- a) 20 metros cúbicos para los productos de la clase A.
- b) 50 metros cúbicos para los productos de la subclase B1.
- c) 100 metros cúbicos para los productos de la subclase B2.
- d) 500 metros cúbicos para los productos de la clase C.
- e) Sin límite para los productos de la clase D.

En ningún caso la suma de los cocientes entre las cantidades almacenadas y las permitidas para cada clase superará el valor de 1.

2. Deberán disponer de una red de agua contra incendios los almacenamientos de superficie con capacidades globales superiores a las anteriores siempre que no excedan de:

- a) 60 metros cúbicos para los productos de la clase A.
- b) 100 metros cúbicos para los productos de la subclase B1.

c) 200 metros cúbicos para los productos de la subclase B2.

d) 1.000 metros cúbicos para los productos de la clase C.

En ningún caso la suma de los cocientes entre las cantidades almacenadas y las permitidas para cada clase superará el valor de 1.

Visto el artículo 25 podemos decir que nuestra instalación no necesita una red de agua contra incendio.

En el artículo 28 se dice lo siguiente:

Artículo 28. Protecciones especiales.

Para la protección de ciertos riesgos específicos o de las instalaciones conexas de los almacenamientos deberán utilizarse otros sistemas de protección contra incendios y agentes extintores tales como polvo o CO₂ entre otros.

Artículo 29. Extintores.

En las instalaciones del almacenamiento y en todos los accesos a los cubetos deberá haber extintores de clase adecuada al riesgo. En las zonas de manejo de líquidos inflamables donde puedan existir conexiones de mangueras, válvulas de uso frecuente o análogos, estos extintores se encontrarán distribuidos de manera que no haya que recorrer más de 15 m desde el área protegida para alcanzar el extintor. Generalmente serán de polvo, portátiles o sobre ruedas. En las zonas de riesgo eléctrico se utilizarán, preferiblemente, extintores de CO₂.

Después de esto se puede decir que lo mejor para nuestra instalación es un buen sistema de extintores.

Artículo 30. Alarmas.

Los almacenamientos de superficie con capacidad global superior a: 20 m³ para líquidos de la clase A, 50m³ para líquidos de la clase B1, 100m³ de la clase B2 y 500 m³ para líquidos de la clase C dispondrán de puestos para el accionamiento de la alarma que estén a menos de 25 m de los accesos a los cubetos, bombas o

estaciones de carga y descarga. Los puestos para accionamiento de la alarma podrán ser sustituidos por transmisores portátiles en poder de vigilantes o personal de servicio u otros medios de vigilancia continua del área (CCTV, etc.). Se establecerá una alarma acústica, perfectamente audible en toda la zona y distinta de las destinadas a otros usos (el aviso de principio y fin de la jornada laboral, por ejemplo). En el recinto deberá existir un teléfono para comunicaciones con los servicios de socorro exteriores.

Después de leer el artículo 30 vemos que nuestra instalación no necesita alarmas.

Artículo 31. Equipos auxiliares.

Los almacenamientos de superficie con capacidad global superior a: 20 m³ para líquidos de la clase A, 50 m³ para líquidos de la subclase B1, 100 m³ para líquidos de la subclase B2 y 500 m³ para líquidos de la clase C dispondrán de los siguientes equipos auxiliares:

1. En la proximidad de puestos de trabajo, como estaciones de carga y descarga, llenado y manejo de bidones y similares, se colocarán los siguientes equipos de protección personal:

- a) Una manta ignífuga.
- b) Una estación de agua para ducha y lavaojos.
- c) Una máscara con filtro específico para los productos almacenados por cada operario del puesto (opcional).
- d) Equipo de respiración autónoma (opcional).

2. En los lugares accesibles y para uso en todo momento:

- a) Un equipo analizador de atmósfera explosiva para líquidos de la clase A y subclase B1.
- b) Sesenta metros de manguera, con empalmes adaptables a la red de incendios, con boquillas para chorro y pulverización.

Por lo visto en las capacidades de combustibles del artículo anterior, la planta no está obligada al uso de equipos auxiliares, aunque voluntariamente es recomendable el uso de alguno de ellos.

Artículo 32. Ignifugado.

En los lugares donde sea razonable suponer un incendio probable, los soportes y estructuras metálicas o apoyos críticos deberán tener una resistencia al fuego RF-180 como mínimo. Esta resistencia se puede conseguir por medio de revestimiento, hormigón u otro material resistente al fuego. Como soporte o apoyo crítico se entiende aquel que, en caso de fallo, puede ocasionar un daño o un riesgo grave. Por ejemplo, soportes de recipientes elevados de inflamables, columnas de edificios de más de una planta, etcétera. La aplicación de la protección ignífuga se realizará de acuerdo con la buena práctica propia de los materiales utilizados en cada caso.

CAPÍTULO VI

Instalación eléctrica

Artículo 36. Generalidades.

La instalación eléctrica estará de acuerdo con las exigencias establecidas en el Real Decreto 2413/1973, de 20 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y la normativa posterior que lo modifica, y sus Instrucciones Complementarias, en especial con la MI-BT-026, «Prescripciones particulares para las instalaciones de locales con riesgo de incendio o explosión», u otra reglamentación que ofrezca una seguridad equivalente.

Artículo 37. Alumbrado.

1. La iluminación general de las instalaciones cumplirá las exigencias de la legislación vigente. El sistema de alumbrado se diseñará de forma que

proporcione una distribución y un nivel de iluminación razonablemente uniforme.

2. Las características de los aparatos de alumbrado que se instalen se adaptarán a lo indicado en el artículo 38.

Artículo 38. Instalaciones, materiales y equipos eléctricos.

1. Todas las instalaciones, equipos y materiales eléctricos cumplirán las exigencias de los reglamentos eléctricos de alta y baja tensión que les afecten.

2. La protección contra los efectos de la electricidad estática y las corrientes que puedan producirse por alguna anomalía se establecerá mediante las puestas a tierra de todas las masas metálicas.

Artículo 39. Instalaciones temporales o provisionales.

Debe reducirse al mínimo el uso de equipos eléctricos temporales.

Cuando la instalación provisional haya cumplido su objetivo, deberá desconectarse y dismantelarse. El equipo eléctrico provisional y el sistema de cables debe seleccionarse, instalarse y mantenerse teniendo en cuenta su fin y las condiciones ambientales y de seguridad.

Artículo 40. Puesta a tierra.

Las puestas a tierra tienen por objeto limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

Artículo 41. Suministro de energía eléctrica.

1. El suministro de energía eléctrica en alta tensión se hará de acuerdo con el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión y con el Reglamento sobre Condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

2. Las redes de distribución eléctrica de baja tensión estarán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

CAPÍTULO VII

Tratamiento de efluentes

Artículo 42. Depuración de efluentes líquidos.

Todos los efluentes líquidos que puedan presentar algún grado de contaminación, incluido las aguas contaminadas utilizadas en la defensa contra incendios, deberán ser tratados de forma que el vertido final de la planta cumpla con la legislación vigente en materia de vertidos.

Artículo 43. Lodos y residuos sólidos.

Los lodos y residuos sólidos de carácter contaminante deberán ser eliminados por un procedimiento adecuado que no dé lugar a la contaminación de aguas superficiales o subterráneas por infiltraciones o escorrentías, ni produzca contaminación atmosférica por encima de los niveles permitidos en la legislación vigente.

Artículo 44. Emisión de contaminantes a la atmósfera.

La concentración de contaminantes dentro del recinto de almacenamiento deberá cumplir lo establecido en la legislación vigente. En el exterior de dicho recinto de almacenamiento los niveles de inmisión y emisión de contaminantes a la atmósfera cumplirán lo preceptuado en la legislación vigente en dicha materia.

Artículo 54. Medidas de seguridad.

1. Instalaciones de seguridad:

a) Señalización. En el almacenamiento y, sobre todo, en áreas de manipulación se colocarán, bien visibles, señales normalizadas, según establece el Real Decreto 485/1997 sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, que indiquen claramente la presencia de líquidos inflamables o combustibles, además de los que pudieran existir por otro tipo de riesgo.

b) Duchas y lavaojos. Se instalarán duchas y lavaojos en las inmediaciones de los lugares de trabajo, fundamentalmente en áreas de carga y descarga, llenado de bidones, bombas y puntos de toma de muestras. Las duchas y lavaojos no distarán más de 10 metros de los puestos de trabajo indicados y estarán libres de obstáculos y debidamente señalizados.

2. Equipo de protección individual.

Teniendo en cuenta las características del producto almacenado y el tipo de operación a realizar, el personal del almacenamiento dispondrá para la manipulación de ropa apropiada, que en ningún caso pueda generar cargas estáticas, y de equipos de protección y primeros auxilios para ojos y cara, manos, pies y piernas, etc. Todos los equipos de protección personal cumplirán con la reglamentación vigente que les sea aplicable.

3. Formación del personal.

Los procedimientos de operación se establecerán por escrito. El personal del almacenamiento, en su plan de formación, recibirá instrucciones específicas del titular del almacenamiento, oralmente y por escrito, sobre:

- a) Propiedades de los líquidos que se almacenan.
- b) Función y uso correcto de los elementos e instalaciones de seguridad y del equipo de protección personal.
- c) Consecuencias de un incorrecto funcionamiento o uso de los elementos e instalaciones de seguridad y del equipo de protección personal.
- d) Peligro que pueda derivarse de un derrame o fugas de los líquidos almacenados y acciones a adoptar. El personal del almacenamiento tendrá acceso a la información relativa a los riesgos de los productos y procedimientos de actuación en caso de emergencia, que se encontrará disponible en letreros bien visibles.

4. Plan de revisiones.

Cada almacenamiento tendrá un plan de revisiones propias para comprobar la disponibilidad y buen estado de los elementos e instalaciones de seguridad y equipo de protección personal. Se mantendrá un registro de las revisiones realizadas. El plan comprenderá la revisión periódica de:

a) Duchas y lavaojos. Las duchas y lavaojos deberán ser probados como mínimo una vez a la semana, como parte de la rutina operatoria del almacenamiento. Se harán constar todas las deficiencias al titular de la instalación y éste proveerá su inmediata reparación.

b) Equipos de protección personal. Los equipos de protección personal se revisarán periódicamente siguiendo las instrucciones de sus fabricantes/suministradores.

c) Equipos y sistemas de protección contra incendios.

5. Plan de emergencia. Cada almacenamiento o conjunto de almacenamientos dentro de una misma propiedad tendrá su plan de emergencia. El plan considerará las emergencias que pueden producirse, la forma precisa de controlarlas por el personal del almacenamiento y la posible actuación de servicios externos. Se tendrá en cuenta la aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. El personal que deba intervenir conocerá el plan de emergencia y realizará periódicamente ejercicios prácticos de simulación de siniestros como mínimo una vez al año, debiendo dejar constancia de su realización. Se deberá tener equipos adecuados de protección personal para intervención en emergencias.

Artículo 55. Operación y mantenimiento.

En recipientes de clase B, así como clases C y D a temperatura por encima de su punto de inflamación, se deberán tomar medidas para prevenir la formación de chispas por descarga de electricidad estática en operaciones que se realicen a través de tubuladuras abiertas, tales como toma de muestras, medida de nivel, etc. Antes de comenzar las reparaciones en algún equipo fijo que haya contenido líquidos inflamables se vaciará y aislará del resto de la instalación con discos ciegos, lavando convenientemente y comprobando que su atmósfera interior no forma mezcla explosiva. Antes de trasladar de lugar (por ejemplo a un taller) un equipo móvil que ha contenido líquidos inflamables, se tomarán idénticas precauciones. Antes de que el personal penetre en el interior de un depósito que

haya contenido líquidos inflamables será necesario vaciarlo y lavarlo, asegurándose que su atmósfera es respirable y no inflamable. Todas las conexiones del depósito con las tuberías de entrada y salida se aislarán con discos ciegos. Durante el tiempo que este personal permanezca en el interior será vigilado desde el exterior del depósito por personas que, en caso de necesidad, puedan retirarlo mediante cuerdas apropiadas a las que se encuentre sujeto. Todo ello sin perjuicio de las normas que el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social dicte en materia de seguridad e higiene en el trabajo. No se realizarán trabajos en caliente en ningún equipo, aunque esté abierto, aislado y purgado, en tanto no esté certificado por una persona competente que está libre de residuos inflamables y seguro para trabajar en él. En las operaciones en que se realice tratamiento de superficies metálicas mediante chorro abrasivo se tendrán en cuenta las recomendaciones contenidas en el informe UNE 109.104.

Artículo 56. Revisiones periódicas.

Independientemente de lo establecido en el artículo 4 del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos, se procederá anualmente a la revisión periódica de las instalaciones, conforme se indica a continuación:

1. Se comprobarán la protección catódica, si existe, y la continuidad eléctrica de las tuberías o del resto de elementos metálicos de la instalación.
2. En las instalaciones inspeccionables visualmente, se comprobará: el correcto estado de los cubetos, cimentaciones de recipientes, vallado, cerramiento, drenajes, bombas, equipos, instalaciones auxiliares, etc.
3. En los recipientes y tuberías inspeccionables visualmente se comprobará el estado de las paredes y medición de espesores si se observase algún deterioro en el momento de la revisión.
4. Se verificarán los venteos en caso de no existir documento justificativo de haber efectuado pruebas periódicas por el servicio de mantenimiento de la planta.
5. Comprobación, si procede, de:
 - Reserva de agua.
 - Reserva de espumógeno y copia de resultado de análisis de calidad.

Funcionamiento de los equipos de bombeo.

Sistemas de refrigeración.

Alarmas.

Extintores.

Ignifugado.

6. Comprobación del correcto estado de las mangueras y acoplamientos.

7. En los almacenamientos de productos que puedan polimerizarse se revisaran las válvulas, filtros y puntos muertos para verificar que no están obstruidos.

Las revisiones serán realizadas por inspector propio u organismo de control y de su resultado se emitirá el certificado correspondiente.

Relación de normas de obligado cumplimiento que se citan en esta instrucción técnica complementaria

UNE 1.063:1959 Caracterización de las tuberías en los dibujos e instalaciones industriales.

UNE 23.008-2:1988 Concepción de las instalaciones de pulsadores manuales de alarma de incendio.

UNE 23.033-1:1981 Seguridad contra incendios. Señalización.

UNE 23.110-1:1996 Extintores portátiles de incendios. Parte 1: Designación. Duración de funcionamiento. Hogares tipo de las clases A y B.

UNE 23.110-2:1996 Extintores portátiles de incendios. Parte 2: Estanqueidad. Ensayo dieléctrico. Ensayo de asentamiento. Disposiciones especiales.

UNE 23.110-3:1994 Extintores portátiles de incendios. Parte 3: Construcción, resistencia a la presión y ensayos mecánicos.

UNE 23.110-4:1996 Extintores portátiles de incendios. Parte 4: Cargas, hogares mínimos exigibles.

UNE 23.110-5:1996 Extintores portátiles de incendios. Parte 5: Especificaciones y ensayos complementarios.

UNE 23.110-6:1996 Extintores portátiles de incendios. Parte 6: Procedimientos para la evaluación de conformidad de los extintores portátiles con la Norma EN 3, partes 1 a 5.

UNE 23.400-1:1998 Material de lucha contra incendios. Racores de conexión de 25 mm.

UNE 23.400-2:1998 Material de lucha contra incendios. Racores de conexión de 45 mm.

UNE 23.400-3:1998 Material de lucha contra incendios. Racores de conexión de 70 mm.

UNE 23.400-4:1998 Material de lucha contra incendios. Racores de conexión de 100 mm.

UNE 23.400-5:1998 Material de lucha contra incendios. Racores de conexión. Procedimiento de verificación.

UNE 23.500:1990 Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.

UNE 23.603:1983 Seguridad contra incendios. Espuma física extintora. Generalidades.

UNE 23.604:1988 Agentes extintores de incendio. Ensayos de las propiedades físicas de la espuma proteínica de baja expansión.

UNE 23.635:1990 Agentes extintores de incendios. Agentes formadores de película acuosa.

UNE 23.727:1990 Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción.

UNE-EN 1634-1:2000 Ensayos de resistencia al fuego de puertas y elementos de cerramiento de huecos. Parte 1:

Puertas y cerramientos cortafuegos.

UNE 51.022:1990 Productos petrolíferos y lubricantes. Determinación del punto de inflamación en vaso cerrado. Método PENSKEY-MARTENS.

UNE 51.023:1990 Productos petrolíferos. Determinación de los puntos de inflamación y de combustión en vaso abierto. Método CLEVELAND.

UNE 51.024:1987 Productos petrolíferos. Determinación del punto de inflamación en vaso cerrado ABEL-PENSKEY.

UNE 109.100:1990 Control de la electricidad estática en atmósferas inflamables. Procedimientos prácticos de operación. Carga y descarga de vehículos-cisterna, contenedores-cisterna y vagones cisterna.

UNE 109.104:1990 Control de la electricidad estática en atmósferas inflamables.
Tratamiento de superficies metálicas mediante chorro abrasivo. Procedimientos
prácticos de aplicación.

Fichas de datos de seguridad: Ver Anexo 7

CAPÍTULO 11. OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CLAUSURA DEL SISTEMA.

11.1. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Para la operación del sistema planteado en el presente proyecto se debe tener en cuenta que se puede operar durante 24, 16 u 8 horas al día, dependiendo del tiempo disponible para la remediación del terreno. Debido a que estamos remediando terrenos contaminados por compuestos altamente perjudiciales para la salud y para el medio ambiente, considero la necesidad de remediar el terreno lo más rápido posible, evitando las filtraciones o la difusión de la contaminación a otros lugares no contaminados, a acuíferos cercanos o al nivel freático. Por ello creo necesario operar durante 24 horas al día, teniendo tres turnos de operarios de ocho horas de duración cada turno.

El plan de operación y mantenimiento del sistema se desarrolla basándonos en tres áreas a considerar: necesidades del proyecto, consideraciones del lugar y diseño del sistema. Es importante que la filosofía de diseño, y especialmente las hipótesis adoptadas en el diseño, estén incluidas en los requerimientos operacionales del sistema.

Un aspecto importante de la estrategia es evaluar periódicamente la ejecución del sistema, tanto del equipo situado sobre el suelo como bajo el mismo. Debe haber alguna entidad involucrada en el proyecto que tenga la responsabilidad de que las evaluaciones se hagan periódicamente. La evaluación y la optimización es, a veces, mejor realizada por un equipo independiente de revisión. Los datos de operación deben estar disponibles para apoyar la evaluación. Los datos se colectan más frecuentemente al inicio, en las etapas de transición de las operaciones, y se reducen las frecuencias de muestreo y monitoreo cuando el sistema se comporta en estado estacionario.

Otro aspecto es optimizar el sistema para conseguir el máximo flujo de eliminación de contaminantes con un mínimo coste tan rápido como se pueda.

La estrategia generalmente involucra la frecuente recolección de datos para identificar y asegurar la correcta continuidad de las operaciones. Para apoyar una continua y consistente evaluación y optimización de estos sistemas, la USACE ha preparado una lista para guiar a los usuarios a través del proceso. En la Tabla C11-1 aparece una de estas listas para el monitoreo de estos sistemas.

Suggested SVE/BV System Monitoring Checklist
Meteorological
Precipitation
Barometric pressure
Ambient Temperature
Physical Characteristics
Pressure at SVE well(s)
Pressure at vadose zone monitoring wells/points
Contaminant concentration at vadose zone monitoring points
Pneumatic logging (to determine differences in permeability, and contaminant levels, as a function of depth along the well screen)
Blower inlet vacuum
Blower outlet pressure
Vapor temperature at wellhead
Temperature at blower discharge
Temperature at treatment effluent
Wellhead volumetric airflow rate (acmm)
Blower inlet flow rate (acmm) (upstream from the inlet bleed valve)
Treatment effluent flow rate (acmm)
Bleed rate (acmm) (possible to estimate as the difference between airflow rates upstream and downstream from the inlet bleed valve)
Blower amperage
Volume of condensate
Soil moisture content
Relative humidity in extracted soil vapor
Groundwater elevation(s) near extraction well(s)
Degree of upwelling
Volume of groundwater removed (if any)
Volume of free product removed (if any)
Chemical Characteristics
Contaminant concentrations at extraction well(s)
Contaminant concentrations at blower inlet (upstream from the inlet bleed valve)
Contaminant concentrations at treatment influent
Contaminant concentrations in treatment effluent
Contaminant concentrations in soil gas at monitoring points
Contaminant concentrations in extracted groundwater
Contaminant concentrations in condensate
Contaminant concentrations and oxygen levels in work area (per Site-specific Safety and Health Plan)
Contaminant concentrations at site perimeter (per regulatory requirements)

Tabla C11-1. Sugerencia de lista de chequeo para el monitoreo de sistemas de SVE

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

El plan de operación y mantenimiento debe contener procedimientos detallados para el monitoreo de varios parámetros físicos y químicos asociados con el sistema. Muchos sistemas no necesitan monitorear todos los parámetros de la tabla anterior.

La tabla siguiente es una guía para actuar de manera correcta ante la aparición de un problema.

Como quiera que sea, el diseño debe ser tan flexible como sea posible y el plan de operación y mantenimiento debe incluir las contingencias para los posibles problemas operacionales.

Problems	Considerations	Potential Solutions
Vadose zone air flow rates in the area of concern are insufficient or not as predicted	The soil may be less permeable in some locations or there may be preferential flow pathways	Further subsurface investigation Readjust flows Install additional wells Check wells for clogging Check for short-circuiting
Vacuum levels, and therefore pore gas velocities, are spatially inconsistent	There may be preferential flow or heterogeneities	Further subsurface investigation Install additional wells Seal preferential pathways
The VOC concentrations have been reduced in some but not all wells	Treatment may be completed in some areas of the site	Check for ongoing sources of contamination
The VOC concentrations remain consistently high despite high mass removal rates	Undiscovered groundwater contamination, free-phase product, or continuing source	Further investigation (particularly for continuous source) Product recovery Groundwater remediation Air sparging
Low concentrations of VOCs are extracted during operation, but high concentrations reappear when system is shut off	Diffusion limitations, water table upwelling, seasonal water table fluctuations, flow short-circuiting due to preferential flow, soils too moist, airflow rates higher than necessary	Dual phase extraction Pulse venting In situ thermal treatment Excavation of "hot spots" and ex-situ soil treatment
Continued high levels of less volatile components	This is likely to occur when SVE is applied to a contaminant mixture with a large range of volatility	Concentrate on bioventing Pulsed venting Soil heating enhancements
A decline in concentration levels has made thermal/catalytic oxidation economically infeasible	"Tailing" of the concentration versus time curve is a common occurrence	Evaluate uncontrolled air emission Switch to activated carbon and/or biofiltration Use other technologies to speed up removal Possibly reduce airflow rates
Poor SVE/BV performance following large rain events	The system is sensitive to the effects of soil moisture on air permeability and aeration	Cap site to reduce infiltration Dual phase (groundwater) recovery Shut off system following major rain events
Unexpectedly high vapor concentrations at or near explosive levels	Free-phase product; Accumulation of methane or other VOCs	Dilute intake air Alter system to be explosion-proof Check for unknown sources of contamination

Tabla C11-2. Guía para solucionar problemas.

Los riesgos de encontrar los problemas operacionales de la tabla anterior se pueden reducir mediante la correcta ejecución de la caracterización del sitio, el estudio a escala, y el estudio piloto. De todas maneras, las contrariedades no se pueden eliminar totalmente debido a la incertidumbre inherente del empleo de tecnologías in-situ.

El mantenimiento de un pozo de extracción incluye medidas para asegurar que el vapor que pasa a través de los pozos no está impedido y el pozo opera en toda la zona de influencia que le ha sido designada.

El mantenimiento de los aparatos tales como el ciclón y el filtro de mangas nos lo notifica la empresa fabricante. Del mantenimiento de los recipientes del sistema de adsorción se encarga su propietario.

El tiempo de operación de un sistema de SVE debe estar parcialmente basado en las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (VOCs) de la corriente de vapor. Cuando las concentraciones de VOC en la corriente cae a bajos niveles ineficientes, el sistema se debe apagar por un periodo de tiempo tal que los VOCs puedan difundirse por los poros del suelo que participan en el transporte advectivo. El caudal de difusión depende de la difusividad de los VOCs, del contenido de humedad, y de una gran variedad de condiciones de la subsuperficie.

La siguiente tabla es una lista de chequeo genérica que se puede establecer en el lugar para el rutinario chequeo de operación y mantenimiento.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

Routine Maintenance Items
Periodically drain the water that has accumulated within the PVC pipe header lines.
Monitor the inlet and outlet vacuum. Adjust ambient air intake and manifold valves as needed.
Monitor the outlet temperature of the blower. If the blower temperature approaches the upper limit, decrease the vacuum or troubleshoot the unit.
Verify that the air water separator and transfer pump are working properly.
Check daily calibrations of the VOC analyzer. Make any corrections to the analyzer response.
Monitor gas cylinders for proper operating pressures and levels.
Approximately every 500 hours (or per manufacturer's recommendations), re-grease blower assembly per manual.
Approximately every 1500 hours, change oil in blower assembly, adding oil suitable to ambient conditions for the next quarter.
Monitor pressure drop across filters, and periodically clean or replace particulate filters.

Tabla C11-3. Puntos para el mantenimiento rutinario.

11.2. CLAUSURA DEL SISTEMA.

Para cesar las operaciones y clausurar el sistema es necesario demostrar que el suelo del área de tratamiento cumple los criterios establecidos.

Los requisitos de limpieza especificados por los reglamentos del estado, los requisitos de limpieza voluntarios, o los requisitos basados en el riesgo para un contaminante en particular dirigen la clausura del sistema de remediación. Los objetivos de limpieza de un lugar específico son normalmente establecidos por la administración competente si no existen niveles genéricos de limpieza. En muchos casos los requisitos de limpieza se determinan en base a la necesidad de proteger la calidad del agua subterránea. Por lo tanto es importante conocer la legislación vigente con respecto a los objetivos de limpieza. Hay algunos factores que tienen influencia en el apartado de clausura:

- * Las emisiones totales o individuales de VOCs a la salida del ventilador no son evidentes.
- * Las emisiones totales o individuales de VOCs a la salida del ventilador alcanzan los niveles predeterminados.

- * No se observan rebotes en las concentraciones de entrada cuando el sistema se restablece, una vez que se han seguido los periodos razonables de parada.
- * Los costes de operación sobrepasan en exceso el valor de eliminar los vapores del suelo.
- * Los tiempos de espera para el restablecimiento del terreno superan con mucho los tiempos de operación.
- * Los constituyentes de los gases del suelo recolectados del área de remediación alcanzan unas condiciones asintóticas y los sistemas de extracción y monitoreo lo creen adecuado.
- * Los constituyentes de los gases del suelo recolectados del área de remediación indican niveles de no-detección con límites razonables de detección y concentraciones.
- * Los constituyentes de los gases del suelo recolectados del área de remediación indican niveles de masa residual que no llegarán a alcanzar el agua subterránea.
- * Las concentraciones de los gases del suelo no rebotan considerablemente después de periodos de parada razonables del sistema.
- * Los constituyentes del suelo recolectados del área que está siendo tratada indica niveles por debajo de los requisitos impuestos por la normativa vigente o niveles de no-detección.

Una vez que se ha decidido el final de las operaciones, es responsabilidad de la empresa constructora de los pozos la clausura de los mismos. El resto de los quipos pueden ser llevados a un nuevo lugar para remediar otro suelo realizando los cambios necesarios.

CAPÍTULO 12. CONTROL E INSTRUMENTACIÓN.

No es objeto de este proyecto el diseño ni la implantación del sistema de control e instrumentación. Este trabajo se encargará a una empresa especializada, aunque sin duda es necesario mencionar los siguientes aspectos. Para un sistema de SVE son cuatro los parámetros más importantes que requieren control:

- * Acumulación de líquido. El sistema colector de condensado acumula líquido que puede rebosar. Se requieren indicadores de nivel de líquido, interruptores y alarmas.
- * Presión/vacío. Los ventiladores pueden requerir controles de vacío para proteger el motor. El sistema también puede requerir válvulas de seguridad para los tanques o depósitos.
- * Caudal. El monitoreo del caudal es esencial para juzgar el progreso de remediación del sistema. El control del caudal se requiere para balancear el sistema de multi-pozos.
- * Temperatura. El control de temperatura puede ser necesario para prevenir la sobrecarga del motor del ventilador y prevenir el fuego en el lecho de carbón.

Como mínimo se requieren los siguientes componentes para el sistema de control:

- * Indicadores de presión/vacío y caudal para cada pozo.
- * Protección térmica de sobrecarga para el motor del ventilador.
- * Válvula de seguridad de vacío o interruptor de vacío para efectuar el apagado del ventilador.
- * Puertos de muestreo antes y después del tratamiento del aire y en cada pozo de extracción.
- * Indicadores de presión y temperatura así como válvulas de control de caudal y válvulas de seguridad a la salida y a la entrada del ventilador.
- * Interruptor/alarma para el nivel alto del sistema colector de condensado.

Generalmente hay tres formas de control de procesos: control local, control centralizado y control remoto. En un control local, todos los elementos de control, como indicadores, interruptores, relés, encendidos de motor, están localizados junto al equipo asociado. En un sistema de control centralizado, los elementos de control están montados en un solo punto. Estos sistemas pueden incluir un panel de control, un controlador lógico programable (PLC), o una computadora. El control remoto puede estar acoplado de varias maneras incluyendo el uso de módems o radio telemetría.

Para seleccionar el apropiado esquema de control se deben considerar las ventajas y desventajas de cada uno. Un sistema de control localizado es menos complejo, menos caro y más fácil de construir. Si un sistema de control llega a ser muy complejo puede ser más ventajoso localizar los componentes de control en una localización central. Los sistemas de control centralizado son también fáciles de operar. La adquisición de datos y control centralizados puede incluir el uso de computadoras o PLCs.

CAPÍTULO 13. RESUMEN GENERAL DE PRESUPUESTOS.

En este capítulo se va a exponer un breve estudio económico que se encuentra ampliado en “Documento 4: Presupuesto” del presente proyecto.

A continuación se describen varios apartados a considerar en el estudio económico. Pero antes tengo que resaltar que hay que tener en cuenta de que estoy incluyendo en este presupuesto los gastos de compra de los equipos, pero hay que pensar que estos equipos van a ser reutilizados en posteriores recuperaciones de terreno, por lo que luego no habrá que invertir en estas compras.

13.1. COSTES TOTALES DIRECTOS DE LA PLANTA.

En este apartado incluimos los costes de:

- * compra de los equipos principales,
- * los costes de su instalación,
- * el piping para la conexión de los equipos,
- * la instrumentación,
- * el aislamiento,
- * la electrificación,
- * la edificación,
- * la mejora o acondicionamiento del terreno,
- * los medios auxiliares,
- * el sistema de adsorción.

Todos estos costes hacen un total de **182720 €**

13.2. COSTES TOTALES INDIRECTOS DE LA PLANTA.

Los costes totales indirectos de la planta están formados por:

- * ingeniería,
- * construcción.

Estos costes suponen un gasto de **109632 €**

13.3. CAPITAL FIJO DIRECTO.

El capital fijo directo está formado por:

- * la suma de los costes totales de la planta, más
- * la suma de otros costes como son los honorarios del contratista, más
- * las contingencias,

haciendo un total de **336205 €**

13.4. COSTE TOTAL APROXIMADO.

El coste total aproximado es:

- * la suma del capital fijo directo, más
- * las horas de trabajo de operarios necesarias para el correcto funcionamiento de la planta, más
- * el consumo eléctrico de la planta,

llegando a un total de **393252 €**

CAPÍTULO 14. BIBLIOGRAFÍA.

- * **Best Management Practices for Soils Treatment Technologies.** United States Environmental Protection Agency (EPA). May 1997.
- * **Calgon Carbon Corporation.** (www.calgoncarbon.com).
- * **Curso de Ingeniería Química.** Costa López. Ed. Reverté, S.A., Barcelona 1994.
- * **Formularios Técnicos y Científicos. HIDRÁULICA.** Paloma Betanero Akerman. Ed. Bellisco. Madrid 2005.
- * **Gestión de residuos tóxicos:** Tratamiento, eliminación y recuperación de suelos. Michael D. Lagrega. McGraw-Hill. Madrid. 1996.
- * **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.** (www.mtas.es/insht/index.htm).
- * **Itur.** (www.itur.es).
- * **Liquid Process Piping.** US Army Corps of Engineers. 1999.
- * **Manual del Ingeniero Químico.** Robert H. Perry. Ed. McGraw-Hill. Madrid 2001.
- * **Manual para el Control de la Contaminación Industrial.** Herbert F. Lund. Ed. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid. 1974.
- * **Manual Técnico del Agua.** Sociedad Degremond. Ed. Grafo S.A. Bilbao. 1979.
- * **Nueva Normativa de Prevención de Riesgos Laborales: Aplicación Práctica.** Ángel Luis Sánchez Iglesias. Ed. FREMAP. Madrid. 1999.

- * **Operaciones de Transferencia de Masa.** Robert E. Treybal. Ed. McGraw-Hill. Mexico. 1980.
- * **Principio de Operaciones Unitarias.** Alan S. Foust. Ed. C.E.C.S.A. México. 1999.
- * **Principios Elementales de los Procesos Químicos.** Richard M. Felder. Addison-Wesley Iberoamericana. Segunda edición.
- * **Problemas de Ingeniería Química.** Joaquín Ocon García. Aguilar.1970.
- * **Química Orgánica.** Vollhardt. Ed. Omega, S.A. Barcelona 1994.
- * **Siemens S.A.** (www.siemens.com).
- * **Sodeca S.A.** (www.sodeca.com).
- * **Soil Vapor Extraction and Bioventig.** US Army Corps of Engineers. 2002.
- * **SuperPro Designer 3.10.** (www.intelligen.com).
- * **Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales. Seguridad e Higiene del Trabajo.** José María Cortés Díaz. Ed. Tébar. S.L. Madrid. 200
- * **Unidades Temáticas Ambientales: el aire.** Dirección General del Medio Ambiente. MOPU. Centro de Publicaciones de la Dirección General del Medio Ambiente. Madrid. 1987.
- * www.cluin.org/mtbe
- * www.frtr.gov
- * www.gwrtae.org
- * www.usace.army.mil

ANEXO 1. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE POZOS.

Como ya se ha explicado anteriormente, nuestro sistema se basa en la realización de unos pozos de extracción en el suelo para poder crear un vacío en los mismos por mediación de un ventilador, y de esta manera poder aspirar los vapores de las sustancias contaminantes que se encuentran en la zona vadosa (zona insaturada situada por encima del nivel freático), procediendo de esta manera a la recuperación del mismo.

Las propiedades físicas que controlan la realización de los sistemas SVE incluyen: contenido de humedad del suelo en la zona vadosa, contenido orgánico del suelo, distribución del tamaño de los granos del suelo y porosidad del suelo en la zona vadosa. Las propiedades medioambientales que afectan a la realización de los sistemas SVE incluyen: el área de precipitación, temperatura del aire y la cubierta del terreno. Las propiedades químicas que influyen en la ejecución de los sistemas SVE son: la volatilidad del contaminante (tendencia de los contaminantes a transferirse de la fase líquida a la fase gas), la polaridad relativa entre el contaminante y las partículas del suelo, la densidad y viscosidad de la fase contaminante líquida. Las últimas propiedades mencionadas controlan el lugar del subsuelo en el cual se va a acumular la fase contaminante líquida. Por todo esto podemos ver que las condiciones del suelo son demasiado complejas y heterogéneas para poder utilizar modelos teóricos, por lo tanto la utilización de modelos empíricos es una práctica corriente para seleccionar el sistema más adecuado.

A través de datos empíricos obtenidos en estudios piloto se pueden obtener las gráficas, que voy a usar posteriormente, en las que se relacionan el vacío realizado frente a la distancia del punto de extracción para distintos caudales de vapor extraído.

CARACTERÍSTICAS DEL SITIO.

Como el presente proyecto se basa en un caso hipotético voy a suponer que la zona afectada se trata de un rectángulo de 60 m de longitud por 20 m de anchura con una profundidad en el terreno de 3.65 m, situándose el nivel freático a aproximadamente 6.4 m. con estas medidas tenemos:

$$\text{Área} = 60 \cdot 20 = 1200 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen} = \text{área} \cdot \text{profundidad} = 1200 \text{ m}^2 \cdot 3.65 \text{ m} = 4380 \text{ m}^3$$

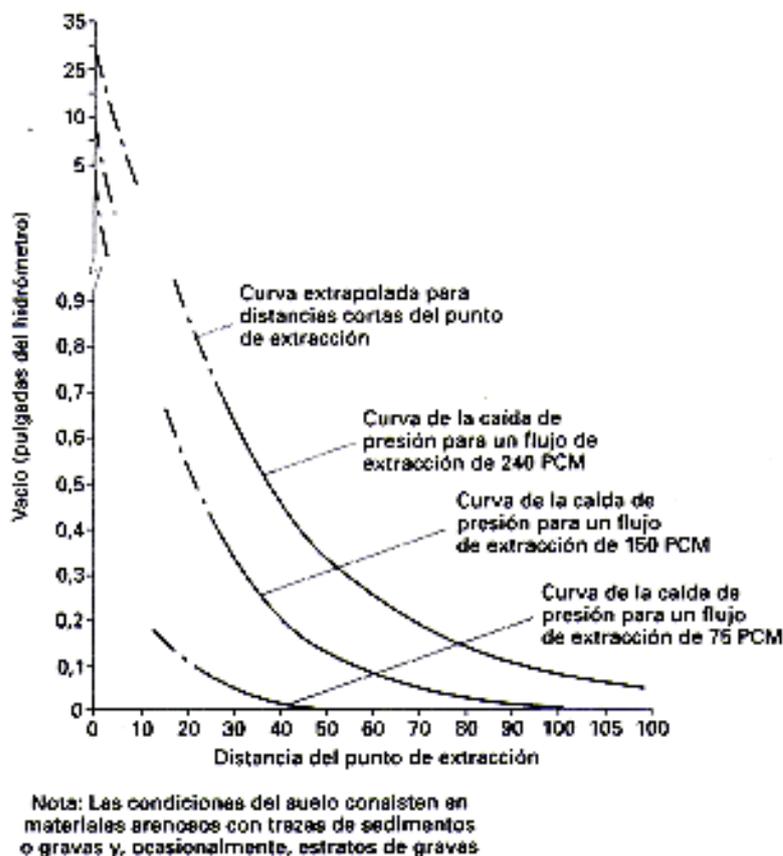
$$\text{Densidad del suelo: } 1670 \text{ Kg/m}^3$$

Por lo tanto la masa de suelo a tratar es la densidad multiplicada por el volumen: $1670 \text{ Kg/m}^3 \cdot 4380 \text{ m}^3 = 7314600 \text{ Kg}$ de suelo.

Vamos a suponer una concentración de hidrocarburos para el suelo de 900 mgHTP/Kg suelo.

Según la figura que vamos a utilizar más tarde las condiciones del suelo consisten en materiales arenosos con trazas de sedimentos o gravas y, ocasionalmente, estratos de gravas. Esto es importante porque no todos los suelos están indicados para la remediación mediante la técnica de SVE. A mayor permeabilidad del aire en el suelo más apropiado es para aplicar SVE. Tienen una permeabilidad alta la arena gruesa y la grava, una permeabilidad media la arena fina, y una permeabilidad baja la arcilla o limo.

Como he mencionado anteriormente partimos de gráficas obtenidas de estudios piloto en las que se refleja la caída de presión de vapor frente a la distancia del punto de extracción.



Suponemos que la medida de presión de vacío mínima para el radio de influencia de los pozos de extracción será de 0.5 pulgadas de agua (125 Pa).

Un vacío de 0.5 pulgadas de agua pueden ser obtenidos mediante una ventilación de 150 PCM para un radio de influencia de los pozos de extracción de 25 pies (7,62 m), o una ventilación de 240 PCM (113.2 l/s) para un radio de influencia de 40 pies (12,192 m). Tomamos mejor la segunda opción siendo suficiente tres pozos de extracción para las dimensiones de nuestro terreno simplificando, además, el sistema siendo menor el entramado de tuberías. El sistema tiene que ser capaz de producir $3 \times 240 \text{ PCM} = 720 \text{ PCM}$.

ANEXO 2. DIMENSIONADO DE LOS POZOS DE EXTRACCIÓN.

Para comenzar con el cálculo partimos de la velocidad recomendada de circulación del aire a presiones bajas por tuberías que corresponde al intervalo de 6-24 m/s.

En el Anexo 1 de la memoria se calculo que el caudal de aspiración para cada uno de los pozos extractores es de 240 PCM que son $11.32 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$.

Los valores de dimensiones de tuberías los tomamos de la Figura A2-1.

*Dimensiones de las tuberías de hierro y acero **

Nominal pulg.	EXTERNO		EXTERNO cm	Sección nominal intern. cm ²	Peso nominal kg/m
	EXTERNO cm	EXTERNO mm			
1/8	4.8	10.3	1.25	0.36	0.35
1/4	9.2	13.7	2.25	0.85	0.65
3/8	12.5	17.1	2.3	1.23	0.85
1/2	15.7	21.3	2.5	1.91	1.3
3/4	20.8	26.6	2.9	3.40	1.70
1	26.7	33.4	3.35	5.60	2.5
1 1/4	35.0	42.3	3.55	9.62	3.3
1 1/2	40.9	48.3	3.7	13.16	4.0
2	52.5	60.3	3.9	21.5	5.4
2 1/2	62.8	73.0	4.1	30.8	7.4
3	77.9	88.9	4.5	47.7	11.3
3 1/2	90.2	101.6	4.7	63.8	13.6
4	102.3	114.3	4.8	82.1	16.0
5	122.3	141.3	5.5	139.1	21.3
6	154.2	168.4	7.1	266.4	38.3

* La presente tabla está basada a las dimensiones normales estadounidenses. Los valores de los diámetros fabricados especiales presentan ligeras variaciones respecto a estos números; las diferencias son de orden de los milímetros de acero.

Figura A2-1. Dimensiones de las tuberías de hierro y acero. (Problemas de Ingeniería Química Ocon-Tojo).

Suponiendo un pozo de 4 pulgadas de diámetro interno:

$$D = 10.16 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$A = 8.2173 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Haciendo uso de la expresión de velocidad:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{11.32 \times 10^{-2} m^3 / s}{8.2173 \times 10^{-3} m^2} = 13.97 m / s$$

Suponiendo un pozo de 6 pulgadas de diámetro interno:

$$D = 15,24 \cdot 10^{-2} m$$

$$A = 0,01864 m^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{11,32 \times 10^{-2} m^3 / s}{0,01864 m^2} = 6,21 m / s$$

Vemos que cumple mejor las condiciones de velocidad impuestas al principio del cálculo la **tubería de diámetro de 4 pulgadas**.

En cuanto a la **longitud del pozo de extracción**, ésta será de **4 m** para cubrir toda la profundidad afectada y estar suficientemente lejos del nivel freático.

Los valores obtenidos son provisionales y previos a expensas de lo que se calcule definitivamente en el Anexo 6, ya que este es un cálculo iterativo y los valores finales van a depender de los caudales obtenidos en el anexo 6, que puede confirmar lo aquí calculado.

Una vez realizados los cálculos en el Anexo 6 obtenemos unos valores de 14, 16 y 14 m/s para los pozos 1, 2 y 3 respectivamente. (Ver Tabla A6-1).

ANEXO 3. DIMENSIONAMIENTO DEL CICLÓN.

Para comenzar con el dimensionamiento del ciclón sería recomendable ver la siguiente figura en la que se muestra las proporciones de un separador ciclónico y la nomenclatura que usaremos.

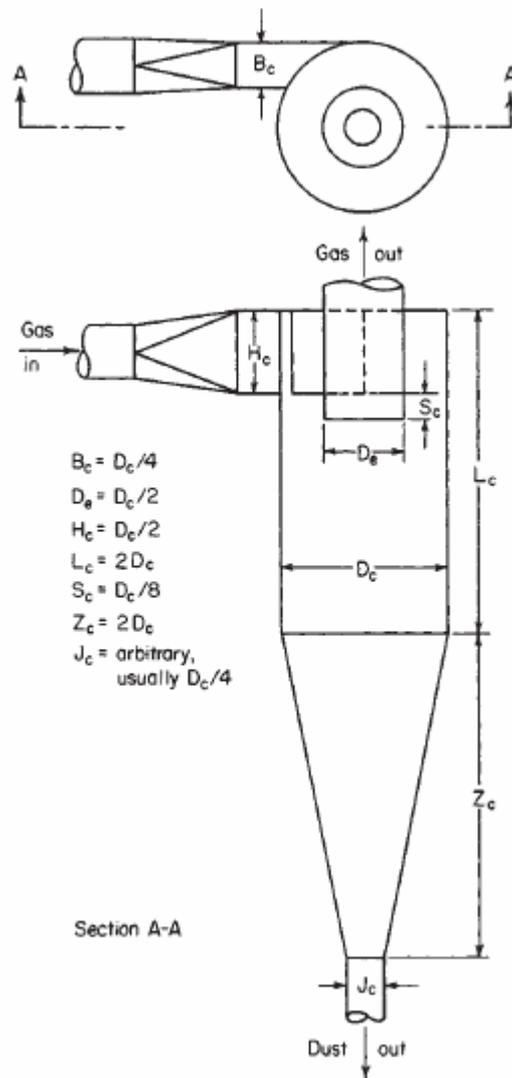


Figura A3-1. Ciclón.

Basándonos en esta figura comenzamos el cálculo basándonos en los datos de velocidad y caudal que ya se conocen a la entrada del separador.

$$Q = 0.3533 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 19 \text{ m/s}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{B_c \cdot H_c} = \frac{Q}{(D_c/4) \cdot (D_c/2)} = \frac{8 \cdot Q}{D_c^2}$$

$$D_c = \sqrt{\frac{8 \cdot Q}{v}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 0.3533 \text{ m}^3 / \text{s}}{19 \text{ m} / \text{s}}} = 0.376 \text{ m} \approx 0.4 \text{ m}$$

A partir del valor de $D_c = 0.376 \text{ m}$ se puede calcular las demás dimensiones de separador.

$$D_c = 0.4 \text{ m}$$

$$B_c = D_c/4 = 0.1 \text{ m}$$

$$H_c = D_c/2 = 0.2 \text{ m}$$

$$D_e = D_c/2 = 0.2 \text{ m}$$

$$L_c = 2 \cdot D_c = 0.8 \text{ m}$$

$$Z_c = 2 \cdot D_c = 0.8 \text{ m}$$

$$S_c = D_c/8 = 0.05 \text{ m}$$

La eficacia del ciclón viene dada por la expresión:

$$\eta = \frac{\pi \cdot N \cdot \rho_p \cdot d_p^2 \cdot v}{9 \cdot \mu \cdot B_c},$$

donde $N = 6$. Con esta expresión y con los datos de densidad y diámetro de partícula para el agua y las partículas de polvo obtenemos la separación de cada uno.

Vapor: $d_p = 20 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

$$\rho_p = 100 \text{ Kg/m}^3.$$

$$\eta = \frac{3.14 \cdot 6 \cdot 100 \text{ Kg/m}^3 \cdot (20 \cdot 10^{-6} \text{ m})^2 \cdot 19 \text{ m/s}}{9 \cdot 1.71 \cdot 10^{-5} \text{ Kg/m} \cdot \text{s} \cdot 0.1 \text{ m}} = 0.98$$

Polvo: $d_p = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

$$\rho_p = 600 \text{ Kg/m}^3.$$

$$\eta = \frac{3.14 \cdot 6 \cdot 600 \text{ Kg/m}^3 \cdot (5 \cdot 10^{-6} \text{ m})^2 \cdot 19 \text{ m/s}}{9 \cdot 1.71 \cdot 10^{-5} \text{ Kg/m} \cdot \text{s} \cdot 0.1 \text{ m}} = 0.37$$

Sabemos ahora que se nos separa en el ciclón el 98% del agua y el 37% del polvo.

CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CONDENSADO.

Condiciones de cálculo:

- * Basado en 1 día de duración.
- * $Q=350 \text{ L/s}$
- * Temperatura ambiente media de 20°C ó 293.15 K
- * Presión absoluta en el separador aire/agua de 0.5 bar .
- * Aire extraído a 80% de humedad relativa y 293.15 K .

Del diagrama psicrométrico (Figura A3-2) obtenemos para $T=20^\circ\text{C}$ y $\phi=0.8$ una relación de $0.0118 \text{ Kg agua/Kg aire seco}$.

Usamos la Ley de los Gases Ideales para estimar la densidad del aire:

$$\rho = \frac{P \cdot M}{R \cdot T} = \frac{0.5 \text{ atm} \cdot \frac{29 \text{ Kg}}{\text{Kg} - \text{mol}}}{\frac{0.082 \text{ atm} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 293.15 \text{ K} \cdot \frac{1000 \text{ g} - \text{mol}}{\text{Kg} - \text{mol}}}$$

$$\rho = 6.03 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Kg}}{\text{l}}$$

donde M=29Kg/Kg-mol.

Por tanto el flujo de condensado es:

$$0.0118 \frac{\text{Kgagua}}{\text{Kgaire}} \cdot 6.03 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Kgaire}}{\text{laire}} \cdot 350 \frac{\text{laire}}{\text{s}} \cdot 86400 \frac{\text{s}}{\text{día}} \cdot 1 \frac{\text{lagua}}{\text{Kgagua}} = 215.2 \frac{\text{lagua}}{\text{día}}$$

pero como se ha visto que el ciclón tiene una efectividad para el agua del 98%,
entonces la cantidad de condensado es:

$$215.2 l_{\text{agua}} / \text{día} \cdot 0.98 = 210.88 l_{\text{agua}} / \text{día}$$

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN DE VAPORES DEL SUELO.

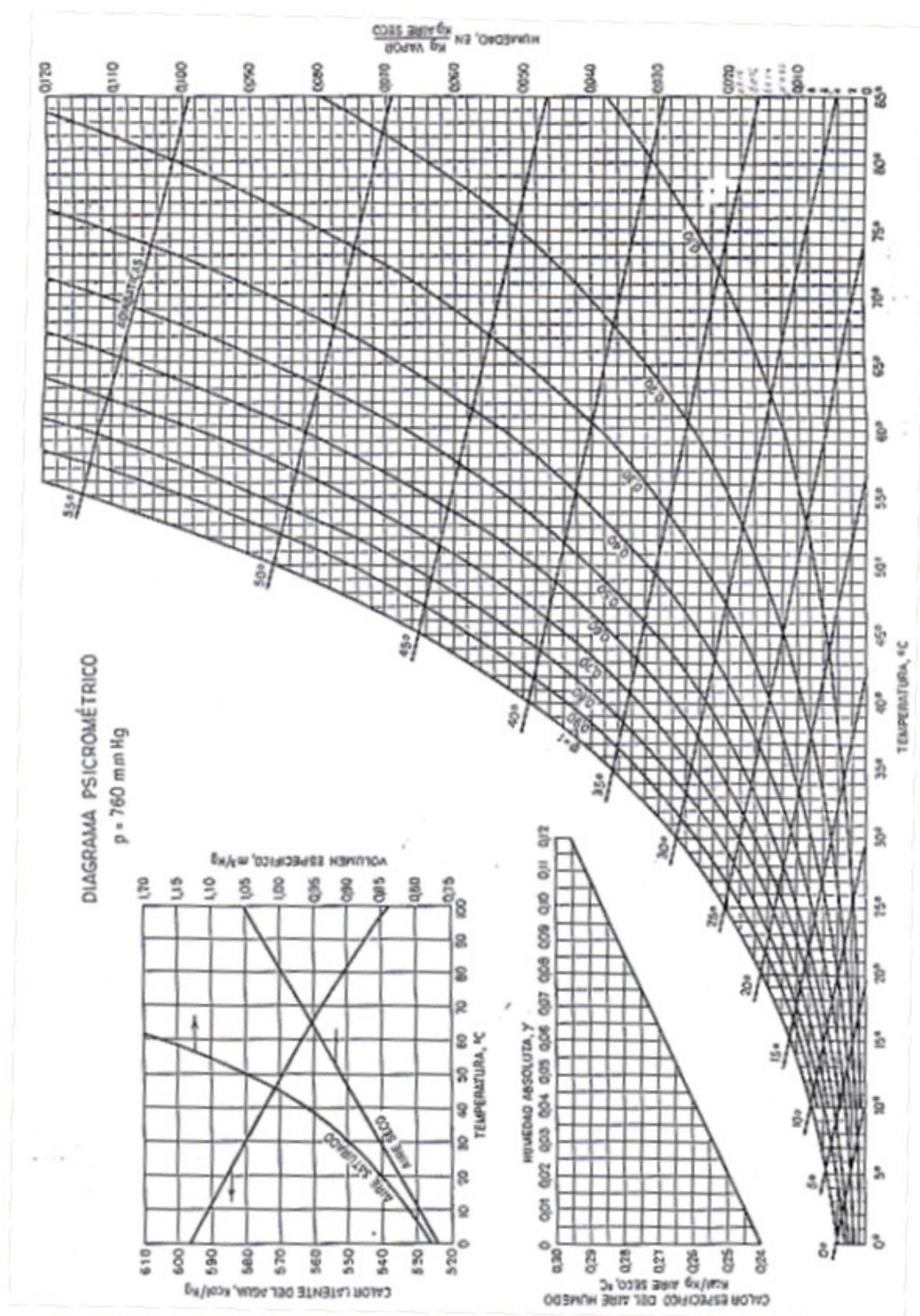


Figura A3-2. Diagrama psicrométrico.

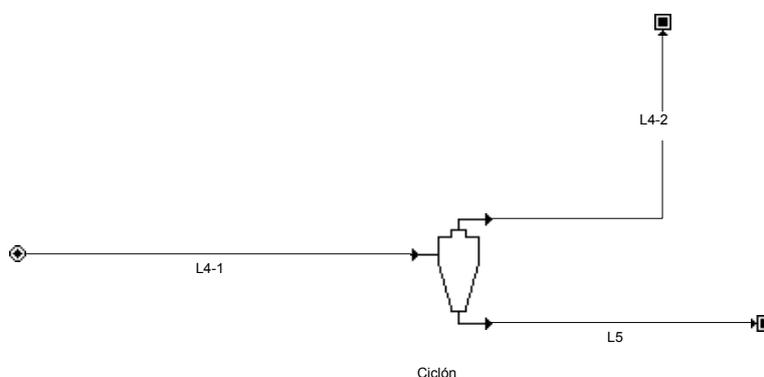
CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE POLVO.

Se supone que la cantidad de polvo de entrada medio es de 1.3 Kg/h ya que aunque en un principio pueda entrar más, una vez que el sistema elimine polvo del suelo cada vez va entrando menos el no haber movimientos de tierra.

Con este valor podemos decir que el ciclón elimina:

$$1.3 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot 0.37 \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 11.54 \text{Kg} / \text{día}$$

Los datos obtenidos se confirman si hacemos uso del simulador SuperPro Designer[®] Versión 3.10. Introduciendo los datos de la composición de la corriente de entrada al ciclón, con el caudal de entrada y especificando las condiciones de operación del ciclón obtenemos los datos que aparecen en la Figura A3-3:



BALANCE DE MATERIA			
LINEA	L4-1	L4-2	L5
Air	1507,316	1507,316	0.0000
Polvo	1,300	0.8190	0.4810
Gasolina	3,000	3,000	0.0000
Agua	8,966	0.1793	8,787
TOTAL (kg/h)	1520,582	1511,315	9,268
TOTAL (m3/h)	1271,880	1271,871	0.0093

Figura A3-3. Datos obtenidos de SuperPro Designer[®] Versión 3.10.

ANEXO 4. DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO DE MANGAS.

Las partículas de polvo que no han podido separarse de la corriente de entrada en el separador ciclónico, son eliminadas ahora en el filtro de mangas.

Existen muchos tipos de filtros, diferentes formas de retener los sólidos en su interior, y diferentes modelos para las corrientes de aire. Este tipo de filtros debe limpiarse periódicamente eliminando los sólidos retenidos en ellos. El proceso de limpieza se lleva a cabo con un flujo de aire en contra corriente.

El cálculo de los filtros de mangas se basa en la caída de presión a lo largo del filtro a medida que se van acumulando los sólidos. La caída de presión total puede escribirse:

$$\Delta P = \Delta P_f + \Delta P_p + \Delta P_s$$

Donde:

- “ ΔP_f ” es la caída de presión debida al filtro.
- “ ΔP_p ” es la caída de presión debida a las partículas retenidas.
- “ ΔP_s ” es la caída de presión debida a las mangas.

Despreciando el último término de la **ecuación [1]** ya que es insignificante con respecto a los otros dos, las expresiones para los dos primeros términos se suelen obtener aplicando la *Ley de Darcy* para la circulación de fluidos a través de medios porosos, llegando a la siguiente expresión:

$$\frac{\Delta P}{u} = \left(\frac{D_f \mu}{K_f} \right) + \left(\frac{\mu}{\rho_\lambda K_p} \right) \times (Lut)$$

Donde:

- “ D_f ” es el espesor del tejido en la dirección de la corriente, en m.
- “ μ ” es la viscosidad del gas, en kg/m·s.
- “ K_f ” es la permeabilidad del filtro, en m².
- “ K_p ” es la permeabilidad de las partículas retenidas, en m².
- “ ρ_λ ” es la densidad de las partículas retenidas, en kg/m³.
- “ u ” es la velocidad lineal del gas, en m/s.
- “ L ” es la carga de partículas, en kg/m³.
- “ t ” es el tiempo que el filtro lleva operativo desde la última limpieza, en s.

Si se reagrupan los términos de la expresión anterior:

$$S = K_e + K_s W$$

Donde:

- “ S ” representa el arrastre del filtro, en Pa·s/m.
- “ K_e ” es el conjunto de variables que representan la limpieza necesaria del filtro, en Pa·s/m.
- “ K_s ” es la pendiente en la ecuación del modelo para filtros manga, en N·s/kg·m.
- “ W ” es la densidad superficial del polvo retenido, en kg/m².

Todos los filtros de manga se construyen con varios compartimentos, de manera que cuando resulte precisa la limpieza o el mantenimiento de los filtros, se retira un compartimento del filtro de manera que el gas sigue pasando a través del resto de las mangas. El número de compartimentos a elegir en el diseño del equipo depende de la máxima caída de presión permitida, del tiempo de filtración

entre dos limpiezas de un mismo compartimento “ t_f ”, y del tiempo requerido para limpiar dicho compartimento “ t ”.

Para llevar a cabo el dimensionado del filtro de mangas se ha usado el simulador *SuperPro Designer 3.10*.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Se deben especificar el número máximo de compartimentos, el diámetro de las mangas y la longitud de las mismas:

- Número máximo de compartimentos “ N_{\max} ”: 20.
- Diámetro de la manga “ D_m ”: 0.30 m.
- Longitud de la manga “ L_m ”: 1.5 m.

2. Deberá indicarse el tiempo de limpieza, la caída de presión máxima o el tiempo de filtración deseado y especificar también la velocidad lineal del gas:

- Tiempo de limpieza “ t ”: $110 \cdot 10^{-3}$ s.
- Velocidad lineal del gas “ u ”: 0.013 m/s.
- Caída de presión máxima: 1 Pa.
- Eficiencia del ventilador: 80%.

Se deben aportar los coeficientes “ K_e ” y “ K_s ”. Si no se poseen datos de estos coeficientes se estiman experimentalmente en plantas piloto.

3. Finalmente con estos datos se calcula el número de unidades requeridas, el número de compartimentos de cada unidad, y el número de mangas de cada compartimento:

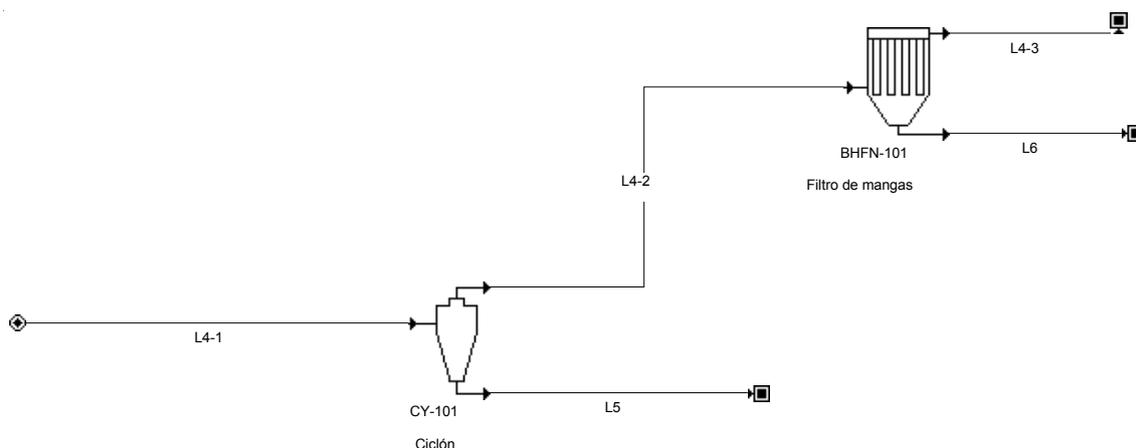
- Número de compartimentos “ N ”: 2.
- Número de mangas por compartimento “ n ”: 60.
- Área neta de limpieza “ A ”: 168.216 m^2 .

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

El tipo de limpieza elegido va a ser de corriente de aire en sentido contrario. En este tipo de limpieza se emplea una ligera presión en sentido contrario a la corriente de aire, facilitando la limpieza de la manga. La presión de limpieza será de 6.2 bar.

Para nuestra simulación se ha calculado el filtro de mangas junto con el ciclón, ya que ambos están directamente conectados, por lo que la corriente de salida del ciclón es la corriente de entrada del filtro de mangas, y ya que se ha simulado el ciclón también con este mismo simulador, se puede hacer de esta manera para que quede más exacto.

En la Figura A4-1 se muestra el sistema con el balance de materia obtenido del simulador.



COMPONENT BALANCE AND STREAM REPORT					
Línea	L4-1	L5	L4-2	L4-3	L6
Caudal (kg/h aproximado)					
Aire	1507,32	0.0000	1507,32	1507,32	0.0000
Polvo	1,30	0.4810	0.8190	0.0819	0.7371
Gasolina	3,00	0.0000	3,00	3,00	0.0000
Agua	8,97	8,79	0.1793	0.1793	0.0000
TOTAL (kg/h)	1520,58	9,27	1511,31	1510,58	0.7371
TOTAL (m3/h)	1271,88	0.0093	1271,87	1271,87	0.0007

Figura A4-1. Sistema y balance de materia.

ANEXO 5. CÁLCULO SISTEMA DE ADSORCIÓN.

Comenzamos el anexo con el cálculo del caudal de gasolina aspirado del suelo. La concentración de gasolina en el suelo es de 900 mg/Kg_{suelo} y la masa de suelo ya calculada es de 7314600 Kg_{suelo}. Con estos datos tenemos que:

$$M_{gasolina} = 7314600 \text{Kg}_{suelo} \cdot 900 \text{mg}_{gasolina} / \text{Kg}_{suelo} = 6583.14 \text{Kg}_{gasolina} .$$

El caudal de gasolina aspirado del suelo lo podemos calcular haciendo uso de la expresión:

$$Q_{gas} = Q \cdot C \cdot Mw \cdot 2.68 \cdot 10E - 3 \cdot (1 \text{kg} / 1000 \text{g})$$

donde:

- * Q_{gas} = caudal másico de gasolina aspirado (Kg/h).
- * Q = caudal volumétrico de aspiración ($0.35 \text{ m}^3/\text{s} = 21 \text{ m}^3/\text{min}$).
- * C = concentración de gasolina (300 ppm-v).
- * Mw = peso molecular de la gasolina (177 g/mol, USEPA, 1991).

La constante $2.68 \cdot 10E - 3$ se obtiene de la siguiente manera:

$$\frac{1}{1E6 \text{ ppm-v}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ g-mol}}{0.0224 \text{ m}^3} = 2.68E - 3 \frac{\text{min} \cdot \text{g-mol}}{\text{ppm-v} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^3}$$

$$Q_{gas} = 21 \cdot 300 \cdot 177 \cdot 2.68E - 3 \cdot 1 / 1000 = 2.99 \square 3 \text{Kg} / \text{h} .$$

Por lo tanto tardamos en recuperar el suelo:

$\frac{6583.14 \text{Kg}_{gasolina}}{3 \text{Kg}_{gasolina} \cdot \frac{24 \text{h}}{\text{día}}} = 91.43 \text{días}$
--

Para el presente proyecto he decidido utilizar un sistema de carbón activo de cartuchos desechables, lo que nos evita la construcción del sistema de desorción de una torre de carbón activo permanente que consta de una instalación de toma de agua para generar vapor de agua, el sistema para calentar el agua y convertirla en vapor, el sistema de tuberías para conducir el vapor al interior de la columna, el cálculo y compra de un ventilador para impulsar el vapor de agua y el sistema de enfriamiento del carbón al que se le ha aplicado la desorción. Por otra parte habría que construir un sistema para colectar la mezcla de agua y gasolina proveniente de la desorción del carbón o para tratar esta mezcla.

Con la opción de cartuchos desechables, una vez que éstos se han saturado de gasolina son reemplazados por otros completamente activos, que está demostrado que operan mejor que los fijos ya que estos últimos van perdiendo actividad con el transcurso de los ciclos de adsorción-desorción, siendo recogidos por el fabricante que se encargará de ellos. La Figura A5-1 muestra el aspecto de un recipiente de carbón activo de la marca Calgon Carbon Corporation.



Figura A5-1. Recipiente de carbón activo. Cortesía de Calgon Carbon Corporation.

Para el cálculo de la cantidad de carbón necesaria se hace uso de la siguiente expresión:

$$M_c = \frac{m_{gasolina}}{w_e} \cdot \Theta_A,$$

donde:

- * M_c = masa de carbón activo necesaria (Kg).
- * $M_{gasolina}$ = caudal másico de gasolina (3 Kg/h).
- * w_e = capacidad de equilibrio (0.667 Kg_{gasolina}/Kg_{carbón}).
- * Θ_A = tiempo de adsorción (12 h).

Tenemos entonces:

$$M_c = \frac{3}{0.667} \cdot 12 = 53.97 \approx 54 \text{Kg}$$

Por lo tanto, con 54 Kg de carbón activo adsorbemos durante 12 h nuestra corriente, es decir, vamos a necesitar

$$\frac{54 \text{Kg}_{carbón} \cdot 24 \text{h}}{12 \text{h}} = 108 \text{Kg}_{carbón} / \text{día}$$

y al operar durante aproximadamente 92 días necesitaremos

$$108 \text{Kg}_{carbón} / \text{día} \cdot 92 \text{días} = 9936 \text{Kg}_{carbón}.$$

Cada recipiente contiene, según el fabricante, 180 lb (81.65 Kg) de carbón activo, por lo que necesitaremos el siguiente número de recipientes:

$$9936 \text{Kg}_{carbón} / 81.65 \text{Kg}_{carbón} / \text{recipiente} \approx 122 \text{recipientes}.$$

Según las especificaciones del fabricante (ver Figura A5-2) el flujo máximo que pasa por cada recipiente es de 100 cfm, pero nuestra corriente es de aproximadamente 720 cfm, por lo que operaremos con 8 o más recipientes en paralelo.

Ventsorb Specifications

Vessel	Open head 16 gauge steel canister
Max. Operating Pressure	4 psig
Cover	Removable steel cover, 12 gauge bolt ring with polycord gasket
Internal Coating	Heat cured 100% phenolic
External Coating	High solids enamel
Temperature	350°F (intermittent) (176.7°C)
Inlet	2" FNPT: 304 stainless steel screen distributor
Outlet	2" FNPT
Max. Flow	100 cfm (2.83m ³ min.)
Carbon	180 pounds Pellet BG or BPL 4x10 or VPR
Ship Weight	247 pounds (112.3 kg)
Identification	VentSorbs sequentially numbered for reference

Figura A5-2. Especificaciones del fabricante. Cortesía de Calgon Carbon Corporation.

En cualquier caso, el fabricante se encarga del estudio, de la distribución de los recipientes y de las obras de emplazamiento de los mismos dependiendo del resto del sistema. En la Figura A5-3 se pueden ver recipientes dispuestos en paralelo.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

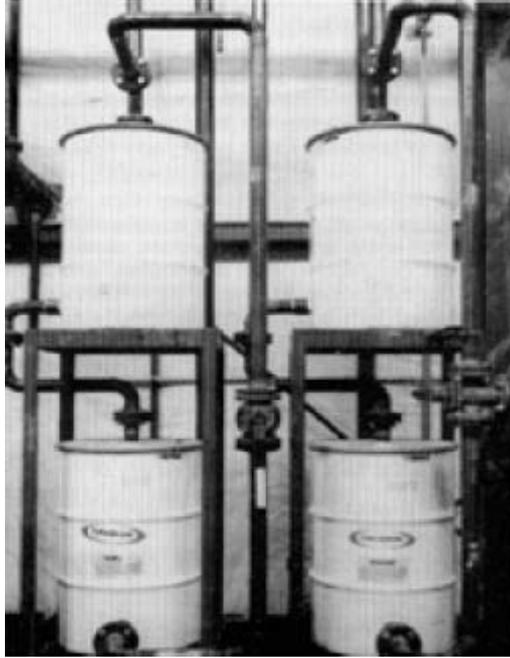


Figura A5-3. Recipientes dispuestos en paralelo. Cortesía de Calgon Carbon Corporation.

ANEXO 6. CÁLCULO DE TUBERÍAS Y SELECCIÓN DEL VENTILADOR.

Comenzamos este anexo dando nombre a las líneas que componen el sistema. Llamaremos L1, L2 y L3 a las tres líneas que van desde los tres pozos de extracción al punto de unión donde confluyen estas tres tuberías. Llamaremos L4 a la línea que va desde el punto de unión de las tres líneas provenientes de los pozos a la columna de adsorción. La línea L4 a su vez está compuesta por la línea L4-1 que une los puntos de unión de las tres líneas provenientes de los pozos con el ciclón. La línea L4-2 une el ciclón con el filtro de mangas. La línea L4-3 une el filtro de mangas con la columna de adsorción.

Por los cálculos realizados en los Anexos 1 y 2 tenemos los caudales de extracción de los pozos, las velocidades y dimensiones de las tuberías de extracción provisionales.

Para nuestros cálculos tomamos las siguientes consideraciones:

- * densidad del fluido como 1.293 (Kg/m³).
- * viscosidad de 1.71E-5 (Kg/m·s).
- * los 240 PCM son 113.2 l/s, por lo tanto el caudal es, en principio, 113.2 L/s=Q1, Q2, Q3.
- * tenemos que tener en cuenta que $Q4=Q1+Q2+Q3$.
- * diámetro nominal de la tubería para las líneas L1, L2 y L3 va a ser de 4 in (0.102 m) ya que se vio en el Anexo 2 que este diámetro de tubería cumple con las condiciones impuestas de velocidad para este tipo de fluidos.

Si tomáramos una tubería de 4 in para la línea L4 tendríamos una velocidad de fluido de:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0.3396m^3/s}{0.008m^2} = 42.45m/s,$$

superando, este valor de velocidad, las condiciones impuestas que son del intervalo de 6-24 m/s.

Probamos con una tubería de 6 in (0.152 m):

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0.3396m^3/s}{0.018m^2} = 18.87m/s,$$

que si cumple las condiciones impuestas del intervalo de 6-24 m/s. Por lo tanto la tubería de la línea L4 será de 6 in.

Los diámetros de las tuberías están sacados de la Tabla A2-1.

Calculamos también el número de Reynolds:

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0.102m \cdot 14m/s \cdot 1.293Kg/m^3}{1.71E-5Kg/m \cdot s} = 1.09E-04$$

Gráficamente obtenemos la rugosidad relativa a partir de la Figura A6-1:

$$\varepsilon / D = 4.50E-4$$

El cálculo del factor de fricción está basado en la ecuación de Sacham:

$$f = \left[-2 \log \left[\left(\frac{\varepsilon / D}{3.7} \right) - \left(\frac{5.02}{Re} \right) * \log \left[\frac{\varepsilon / D}{3.7} + \left(\frac{14.5}{Re} \right) \right] \right] \right]^{-2}$$

obteniendo para la línea L1 $f = 0.020$.

La longitud de la línea L1 es de 25 m.

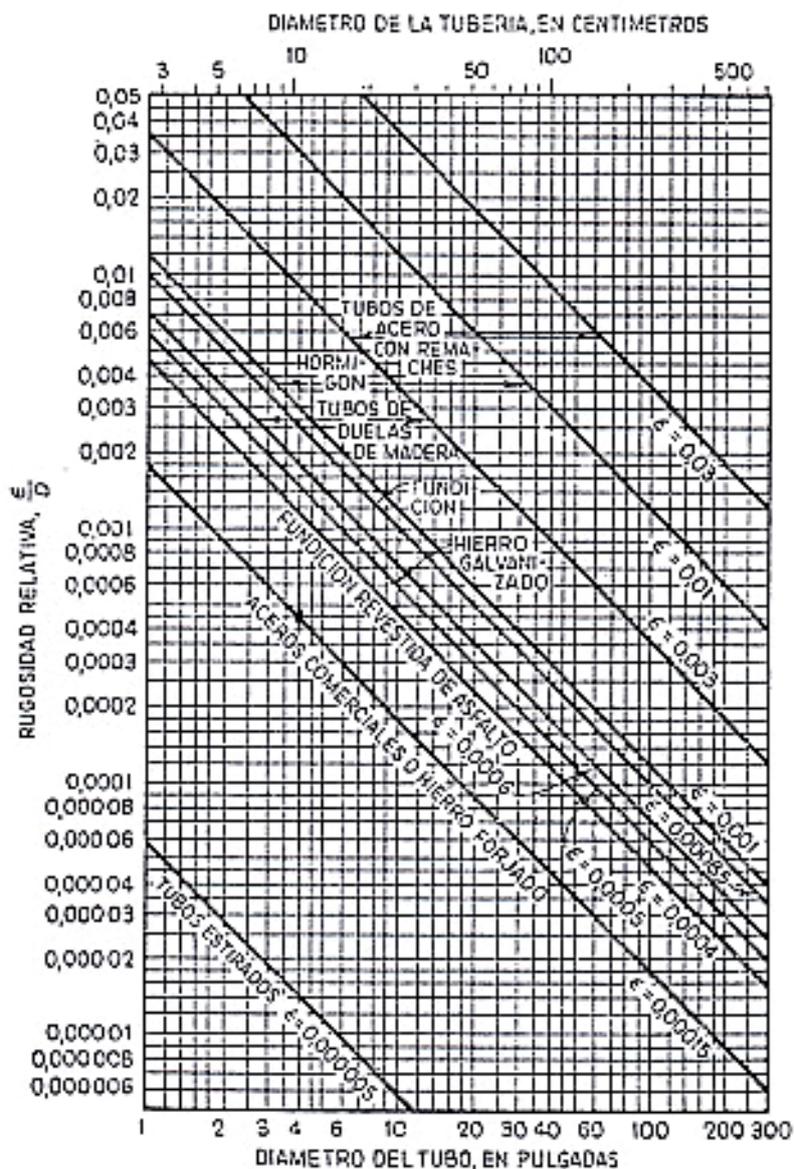


Figura A6-1. Rugosidad relativa. (Problemas de Ingeniería Química Ocon-Tojo).

Ahora tenemos en cuenta las longitudes equivalentes de los accesorios empleados y el número de cada uno de ellos y aplicamos la expresión

$$L_{total} = L + \sum n \cdot L_e = 74m .$$

Las longitudes equivalentes de los accesorios se obtienen de la Figura A6-2.

La pérdida de carga la calculamos con la expresión:

$$hf = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot D \cdot g} = 148.2m \text{ de aire}$$

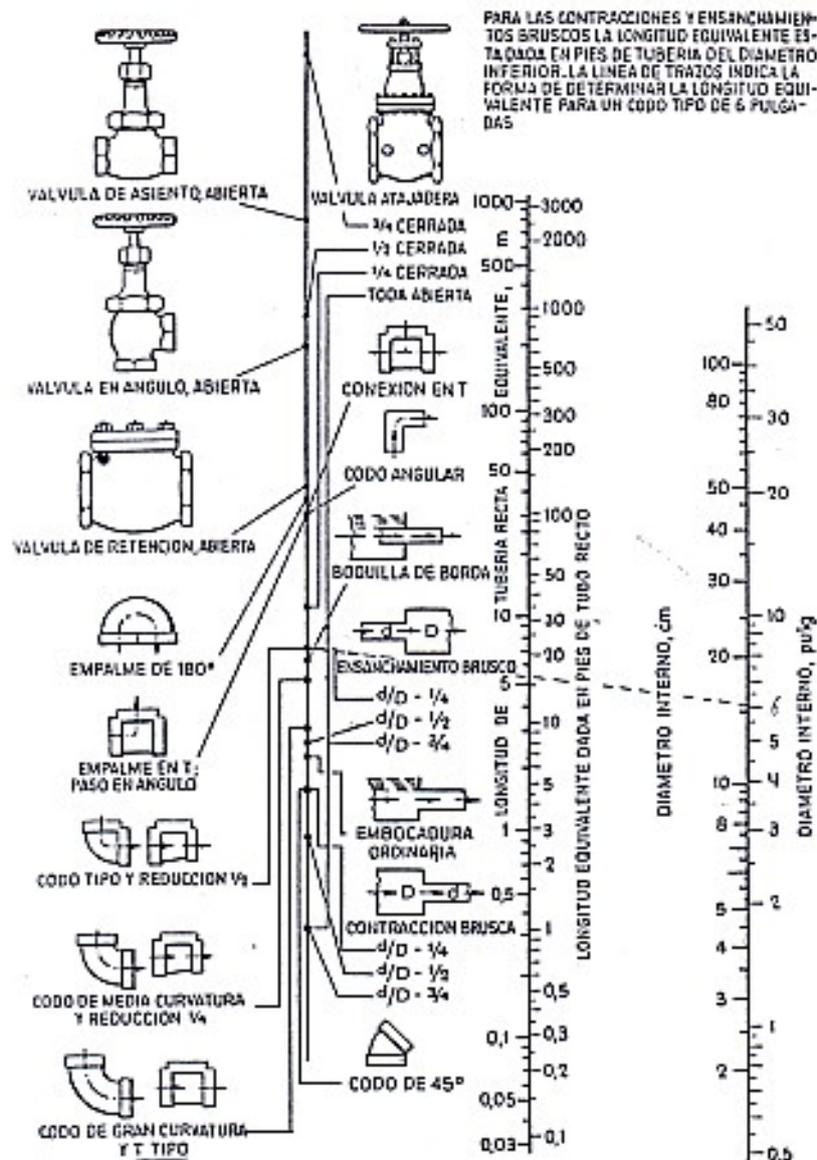


Figura A6-2. Longitudes equivalentes de accesorios. (Problemas de Ingeniería Química Ocon-Tojo).

La pérdida de carga en m de aire la podemos pasar a N/m^2 multiplicándola por la densidad y por g, obteniendo $1879.5 N/m^2$. También la podemos pasar a mmHg dividiendo los N/m^2 entre 133, obteniendo 14.1 mmHg.

Para la pérdida de carga subsuperficial hacemos uso de un coeficiente de regresión, a, que se obtiene de estudio piloto, que para la línea L1 es 300 y lo introducimos en la expresión $h = a \cdot Q = 33.96 mmHg$.

La pérdida de carga total es la suma de la superficial más la subsuperficial dándonos un valor de 48.1 mmHg para la línea L1.

La manera de proceder ahora para los cálculos de las líneas L2 y L3 es repetir los cálculos anteriores de la línea L1 pero teniendo en cuenta que la pérdida de carga total nos tiene que dar también 48.1 mmHg, por lo que variamos el caudal de entrada de estas líneas.

Repetimos los cálculos para la línea L4 teniendo en cuenta que $Q_4 = Q_1 + Q_2 + Q_3$, obteniendo $h_4 = 48.1 mmHg$.

La pérdida de carga total para nuestro ventilador es (h_1, h_2, h_3) más h_4 , es decir $48.1 + 42.6 = 90.7 mmHg$.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

Todos estos cálculos se encuentran en la siguiente hoja de Excel:

ANÁLISIS NEUMÁTICO PARA UN SISTEMA SVE: HOJA DE CÁLCULO PARA UN PUNTO SINGULAR					
CONSTANTES					
Densidad (Kg/m ³)=	1,293				
Viscosidad (Kg/m*s)=	1,71E-05				
Gravedad (g) (m/s ²)=	9,81				
	LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3	LINEA 4	COMENTARIOS
Flujo (L/s)	113,2	124	112,8	350	Q4=Q1+Q2+Q3
Flujo (m ³ /s)	0,1132	0,124	0,1128	0,35	
D nominal (in)	4	4	4	6	
D nominal (m)	0,102	0,102	0,102	0,152	
Sección tubería (m ²)	0,008	0,008	0,008	0,018	
Velocidad (v) (m/s)	14	16	14	19	v=Q/A
Re	1,09E+05	1,19E+05	1,08E+05	2,24E+05	Re=(D*v*p)/μ
ε/D	4,50E-04	4,50E-04	4,50E-04	3,00E-04	
F	0,020	0,020	0,020	0,018	
L(m)	25	5	25	10	
Longitudes equivalentes					
Codo 90° (m)	3	3	3	4,6	
Te (m) (paso recto)	2,2	2,2	2,2	3,5	
Te rama (m) (paso angular)	7,2	7,2	7,2	10,5	
Válvula escape (m)	0,8	0,8	0,8	1,25	
Válvula de globo (m)	35	35	35	53	Totalmente abierta
Separador aire/agua (m)	80	80	80	80	
Filtro Mangas (m)	33,92	33,92	33,92	33,92	
Columna Adsorción (m)	5	5	5	5	
Cantidades					
Codo 90° (m)	2	1	2	4	
Te (m)	0	0	1	0	
Te rama (m)	1	1	1	0	
Válvula escape (m)	1	1	1	1	
Válvula de globo (m)	1	1	1	1	
Separador aire/agua (m)	0	0	0	1	
Filtro Mangas (m)	0	0	0	1	
Columna Adsorción (m)	0	0	0	1	
Long tot equivalentes (m)	74	51	76,2	201,57	L+sum(L*n)
Pérdida carga (m d aire)	148,2	121,1	151,6	446,6	hf=(f*L*v ²)/(2*D*g)
Pérdida carga (N/m ²)	1879,5	1536,0	1922,6	5665,0	hf*densidad*g
Pérdida carga (mmHg)	14,1	11,5	14,5	42,6	N/m ² *133
Pérdidas subsuperficiales					
Coef. Regresión (a)	300	295	298	0	De estudio piloto
Pérdida subsuperf (mmHg)	33,96	36,58	33,6144	0	h=a*Q
Pérdida total (mmHg)	48,1	48,1	48,1	42,6	Superficie+subsuperficie

Tabla A6-1. Hoja de datos obtenidos.

Haciendo uso del catálogo de firma Sodeca introduciendo los datos de 0.35 m³/s y 90.7 mmHg obtenemos el ventilador CAS-790-2T-20 que tiene las siguientes características técnicas:

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN DE VAPORES DEL SUELO.

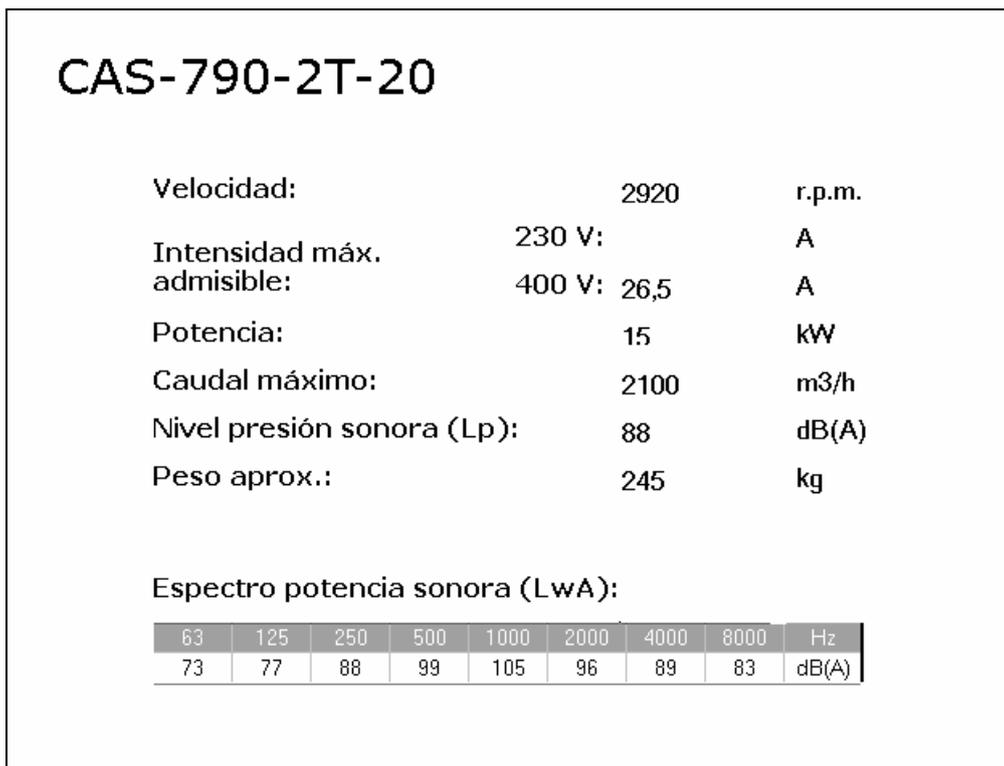


Figura A6-3. Características técnicas del modelo CAS-790-2T-20.

El ventilador tiene la curva de funcionamiento que aparece a continuación:

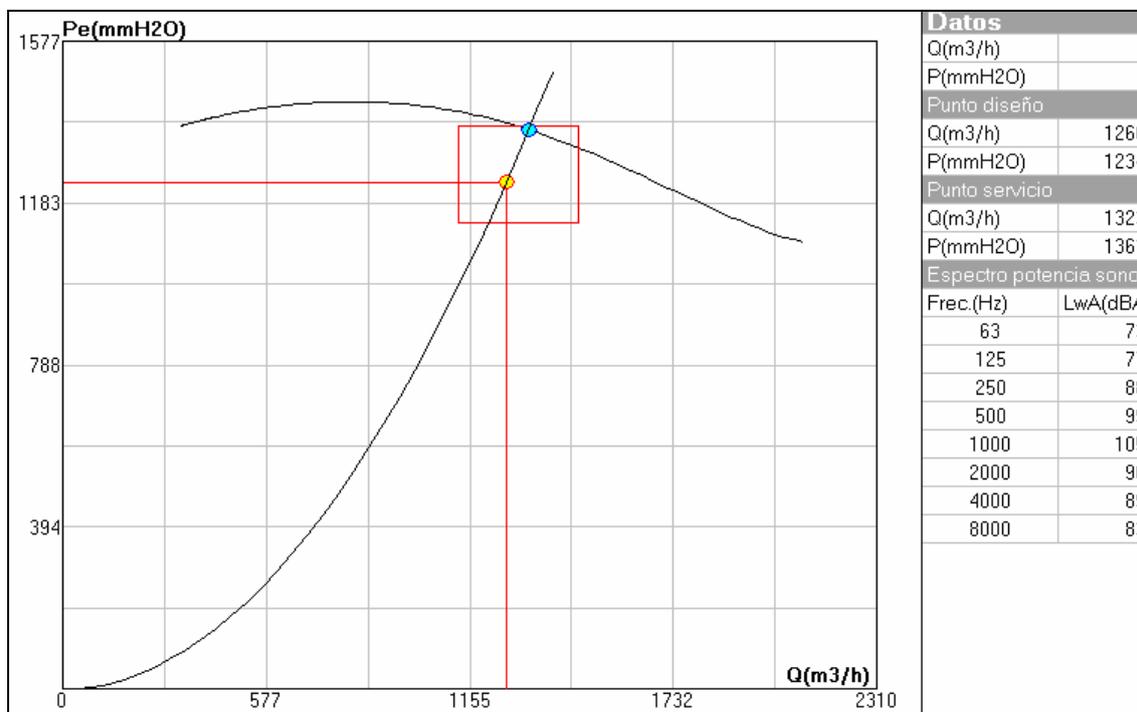


Figura A6-4. Curva de funcionamiento modelo CAS-790-2T-20.

ANEXO 7. FICHAS DE SEGURIDAD.



Fichas Internacionales de Seguridad Química

GASOLINA

ICSC: 1400

Nafta de baja temperatura de ebullición, sin especificar
 N°CAS86290-81-5
 N°RTECSDE3550000
 N°ICSC1400
 N°NU1203
 N°CE649-378-00-4

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra).	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION			
• INHALACION	Confusión mental. Tos. Vértigo. Somnolencia. Embotamiento. Dolor de cabeza.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
• PIEL	¡PUEDE ABSORBERSE! Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes protectores. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN DE VAPORES DEL SUELO.

• OJOS	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas de protección de seguridad, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Náuseas. Vómitos. (Para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber agua abundante. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Eliminar todas las fuentes de ignición. NO verterlo al alcantarillado. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio.	 <p>NU (transporte): Ver pictogramas en cabecera. Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: I Contaminante marino. CE: símbolo T R: 45-65 S: 53-45 Nota: H, P,4</p>	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 1400		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS,2003	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

GASOLINA

ICSC: 1400

D	ESTADO FISICO; ASPECTO	VIAS DE EXPOSICION
A	Líquido transportable.	La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor, a través de la piel y por ingestión.
T	PELIGROS FISICOS	RIESGO DE INHALACION
O	El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.	Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.
S	Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION
I		La sustancia irrita los ojos, la piel
M		

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

P O R T A N T E S	<p>LIMITES DE EXPOSICION TLV: 300 ppm (como TWA); 500 ppm (como STEL); A3 (ACGIH 2003). MAK no establecido. Véanse notas.</p>	<p>y el tracto respiratorio. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central e hígado. Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres humanos.</p>
PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: 20-200°C Densidad relativa (agua = 1): 0.70 - 0.80 Solubilidad en agua, g/100 ml: ninguna Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3 - 4</p>	<p>Punto de inflamación: 21°C Temperatura de autoignición: alrededor de 250°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.3 - 7.1 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2-7</p>
DATOS AMBIENTALES	La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.	
NOTAS		
<p>Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. El producto puede contener aditivos que pueden modificar los efectos sobre la salud y el medio ambiente.</p> <p>Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1203 Código NFPA: H 1; F 3; R 0;</p>		
INFORMACION ADICIONAL		
<p>Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm</p>		<p>Última revisión IPCS: 2001 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003</p>
ICSC: 1400		GASOLINA
©CE, IPCS, 2003		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	<p>Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.</p>	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

TOLUENO

ICSC: 0078



TOLUENO
Metilbenceno
Fenilmetanol
Toluol
 $C_6H_5CH_3/C_7H_8$
Masa molecular: 92.1

N°CAS108-88-3
N°RTECSXS5250000
N°ICSC0078
N°NU1294
N°CE 601-021-00-3

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra). NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION		¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA EXPOSICION DE MUJERES	

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

		(EMBARAZADAS)!	
• INHALACION	Vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náuseas, pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Piel seca, enrojecimiento.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor.	Gafas ajustadas de seguridad o pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Dolor abdominal, sensación de quemazón (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, dar a beber una papilla de carbón activado y agua, NO provocar el vómito y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado, (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.	 <p>símbolo F símbolo Xn R: 11-20 S: (2-)16-25-29-33 Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II CE:</p>

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0078

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994

Fichas Internacionales de Seguridad Química

TOLUENO

ICSC: 0078

D	ESTADO FISICO; ASPECTO	VIAS DE EXPOSICION
A	Líquido incoloro, de olor característico.	La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.
T	PELIGROS FISICOS	RIESGO DE INHALACION
O	El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del	Por evaporación de esta

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

S I M P O R T A N T E S	<p>suelo; posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>PELIGROS QUIMICOS Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 50 ppm; 188 mg/m³ (piel) (ACGIH 1995-1996). MAK: 50 ppm; 190 mg/m³ (1996).</p>	<p>sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La exposición podría causar depresión del sistema nervioso central. La exposición a altas concentraciones puede producir arritmia cardíaca, pérdida del conocimiento y muerte.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, dando lugar a desórdenes psicológicos y dificultad en el aprendizaje. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.</p>
PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: 111°C Punto de fusión: -95°C Densidad relativa (agua = 1): 0.87 Solubilidad en agua: Ninguna Presión de vapor, kPa a 20°C: 2.9 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.2</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.06 Punto de inflamación: 4°C (c.c.) Temperatura de autoignición: 480°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.1-7.1 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.69</p>
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
<p>Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-31 Código NFPA: H 2; F 3; R 0;</p>		
INFORMACION ADICIONAL		
<p>FISQ: 4-185 TOLUENO</p>		
ICSC: 0078		TOLUENO
<small>© CCE, IPCS, 1994</small>		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	<p>Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de</p>	

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

	requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).
--	--

Advertencia

© INSHT

Fichas Internacionales de Seguridad Química

p-XILENO

ICSC: 0086



p-XILENO
1,4-Dimetilbenceno
p-Xilol
 $C_6H_4(CH_3)_2/C_8H_{10}$
Masa molecular: 106.2

N°CAS106-42-3
N°RTECSZE2625000
N°ICSC0086
N°NU1307
N° CE 601-022-00-9

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Por encima de 27°C: pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Por encima de 27°C: sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION		¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA EXPOSICION DE MUJERES (EMBARAZADAS)!	
• INHALACION	Vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

			médica.
• PIEL	Piel seca, enrojecimiento.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Sensación de quemazón, dolor abdominal (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, dar a beber una papilla de carbón activado y agua, NO provocar el vómito y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.	<p>símbolo Xn R: 10-20/21-38 S: (2-)25 Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II/III CE:</p>	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0086	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994		

Fichas Internacionales de Seguridad Química

p-XILENO

ICSC: 0086

D A T O S I M P	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro, de olor característico.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.	
	PELIGROS FISICOS Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.	RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire.	
	PELIGROS QUIMICOS Reacciona violentamente con oxidantes fuertes tales como el ácido nítrico.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos. La exposición por encima del LEL	
	LIMITES DE EXPOSICION		

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

O R T A N T E S	<p>TLV (como TWA): 100 ppm; 434 mg/m³ (ACGIH 1995-1996). TLV (como STEL): 150 ppm; 651 mg/m³ (ACGIH 1995-1996). MAK: 100 ppm; 440 mg/m³ (1996).</p>	<p>puede producir depresión del sistema nervioso central, pérdida del conocimiento y muerte.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, dando lugar a dificultades para mantener la atención. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.</p>
PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: 138°C Punto de fusión: 13°C Densidad relativa (agua = 1): 0.86 Solubilidad en agua: Ninguna Presión de vapor, kPa a 20°C: 0.9 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.7</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.02 Punto de inflamación: 27°C (c.c.) Temperatura de autoignición: 528°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.1-7.0 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3.15</p>
DATOS AMBIENTALES		<p>Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los peces y crustáceos.</p>
NOTAS		
<p>Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Aplicar también las recomendaciones de esta ficha al xileno de grado técnico. Consultar también las fichas del o-xileno y m-xileno</p> <p style="text-align: right;">Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-33 Código NFPA: H 2; F 3; R 0;</p>		
INFORMACION ADICIONAL		
<p>FISQ: 4-199 p-XILENO</p>		
<p>ICSC: 0086 p-XILENO</p> <p style="text-align: center;">© CCE, IPCS, 1994</p>		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	<p>Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).</p>	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

BUTANO (gas licuado)

ICSC: 0232



n-Butano (gas licuado)
C₄H₁₀
Masa molecular: 58.1
(licuado)
(botella)

NºICSC0232
NºCAS106-97-8
NºRTECSEJ4200000
NºNU1011
NºCE601-004-00-0

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con polvo, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra) si aparece en estado líquido. Utilícese herramientas manuales	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

		no generadoras de chispas.	
EXPOSICION			
• INHALACION	Somnolencia. Pérdida del conocimiento.	Sistema cerrado y ventilación.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
• PIEL	EN CONTACTO CON LIQUIDO: CONGELACION.	Guantes aislantes del frío. Traje de protección.	EN CASO DE CONGELACION: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
• OJOS	EN CONTACTO CON LIQUIDO: CONGELACION.	Pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• INGESTION			
DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Eliminar toda fuente de ignición Ventilar. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio. Mantener en lugar fresco.		Nu (transporte): Ver pictogramas en cabecera. Clasificación de Peligros NU: 2.1 CE: Nota: C símbolo F+ R: 12 S: 2-9-16-33
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0232	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003		

Fichas Internacionales de Seguridad Química

BUTANO (gas licuado)

ICSC: 0232

D A T	ESTADO FISICO: ASPECTO: Gas licuado comprimido inodoro, incoloro.	VIAS DE EXPOSICION: La sustancia se puede absorber por inhalación.
	PELIGROS FISICOS:	RIESGO DE INHALACION:

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

O S I M P O R T A N T E S	<p>El gas es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Puede acumularse en las zonas más bajas produciendo una deficiencia de oxígeno. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION: TLV: 800 ppm como TWA; (ACGIH 2003). MAK: 1000 ppm, 2400 mg/m³; Categoría de limitación de pico: II(4); IIc: No clasificado en cuanto a riesgo para el embarazo. (DFG 2003).</p>	<p>Al producirse pérdidas en zonas confinadas, este líquido se evapora muy rápidamente originando una saturación total del aire con grave riesgo de asfixia.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION: La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central.</p>
PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: -0.5°C Punto de fusión: -138°C Densidad relativa (agua = 1): 0.6 Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 0.0061 Presión de vapor, kPa a 21.1°C: 213.7 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.1</p>	<p>Punto de inflamación: -60°C Temperatura de autoignición: 287°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.8-8.4 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.89</p>
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
<p>Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. La información excepto propiedades físicas también pueden aplicarse para el Isobutano (CAS 75-28-5). Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte.</p> <p style="text-align: right;">Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S1011 Código NFPA: H 1; F 4; R 0;</p>		
INFORMACION ADICIONAL		
<p>Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm</p>	<p>Última revisión IPCS: 2003 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003 FISQ: 1-046</p>	
ICSC: 0232	BUTANO (gas licuado)	

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

© CE, IPCS, 2003

**NOTA LEGAL
IMPORTANTE:**

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

Fichas Internacionales de Seguridad Química

HEXANO

ICSC: 0279



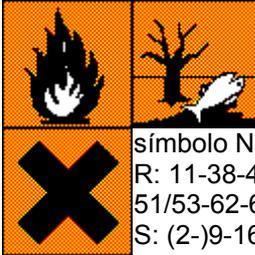
HEXANO
n-Hexano
 C_6H_{14}
Masa molecular: 86.2

NºCAS110-54-3
NºRTECSMN9275000
NºICSC0279
NºNU208
Nº CE 601-037-00-0

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícese herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua. Los bomberos deberían emplear indumentaria de protección completa, incluyendo equipo autónomo de respiración.
EXPOSICION			
• INHALACION	Vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, dificultad respiratoria, náuseas, debilidad, pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN DE VAPORES DEL SUELO.

• PIEL	Piel seca, enrojecimiento.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor.	Gafas ajustadas de seguridad, pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Dolor abdominal, (para mayor información véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito, reposo y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Consultar a un experto. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado, (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes. Mantener en lugar fresco y bien cerrado.	 <p> símbolo F símbolo Xn símbolo N R: 11-38-48/20-51/53-62-65-67 S: (2-)9-16-29-33-36/37-61-62 Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II CE: </p>

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0279

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994

Fichas Internacionales de Seguridad Química

HEXANO

ICSC: 0279

D A T O S I	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro volátil, de olor característico.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor, a través de la piel y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.	RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.
	PELIGROS QUIMICOS Reacciona con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y	EFFECTOS DE EXPOSICION DE

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

M P O R T A N T E S	<p>explosión.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 50 ppm; 176 mg/m³ (ACGIH 1993-1994). MAK: 50 ppm</p>	<p>CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos. La ingestión del líquido puede originar aspiración dentro de los pulmones con riesgo de neumonitis química. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso periférico, dando lugar a polineuropatías. Puede originar lesión genética en los seres humanos. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.</p>
PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: 69°C Punto de fusión: -95°C Densidad relativa (agua = 1): 0.66 Solubilidad en agua: Ninguna Presión de vapor, kPa a 20°C: 16 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.0</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.3 Punto de inflamación: -22°C (c.c.) Temperatura de autoignición: 240°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.1-7.5 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3.9</p>
DATOS AMBIENTALES	 <p>Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos.</p>	
NOTAS		
<p>El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. La preparación técnica del hexano contiene 20-95% n-hexano.</p> <p style="text-align: right;">Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-41G01 Código NFPA: H 1; F 3; R 0;</p>		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 3-131 HEXANO		
ICSC: 0279	HEXANO	
© CCE, IPCS, 1994		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	<p>Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).</p>	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

n-PENTANO

ICSC: 0534



n-PENTANO
Hidruro de Amilo
 $C_5H_{12}/CH_3(CH_2)_3CH_3$
Masa molecular: 72.2

N°CAS109-66-0
N°RTECSRZ9450000
N°ICSC0534
N°NU1265
N° CE 601-006-00-1

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con oxidantes fuertes.	AFFF, espuma resistente al alcohol, polvo, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra). NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

EXPOSICION			
• INHALACION	Vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náuseas, vómitos, pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado y proporcionar asistencia médica. Respiración artificial si estuviera indicada.
• PIEL	Piel seca.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
• OJOS		Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	(Para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito, dar a beber agua abundante, guardar reposo y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado. (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes. Mantener en lugar fresco y bien cerrado.	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. símbolo F+</p> <p>símbolo Xn símbolo N R: 12-51/53-65-66-67 S: (2-)-9-16-29-33-61-62 Nota: C Clasificación de Peligros NU: 3.1 Grupo de Envasado NU: I CE:</p> </div> </div>

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0534

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994

Fichas Internacionales de Seguridad Química

n-PENTANO

ICSC: 0534

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro, de olor característico.</p> <p>PELIGROS FISICOS El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.</p> <p>PELIGROS QUIMICOS Reacciona con oxidantes fuertes (e.j., peróxidos, nitratos y percloratos), originando peligro de incendio y explosión. Ataca a algunas formas de plásticos, caucho y recubrimientos.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 600 ppm; 1770 mg/m³ (ACGIH 1995-1996). TLV (como STEL): 750 ppm; 2210 mg/m³ (ACGIH 1995-1996). MAK: 1000 ppm; 2950 mg/m³ (1996).</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.</p>
	PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: 36°C Punto de fusión: -129°C Densidad relativa (agua = 1): 0.63 Solubilidad en agua: Ninguna Presión de vapor, kPa a 20°C: 56.8 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.5</p>
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
<p>El n-Pentano es un constituyente del éter de petróleo. Nombre comercial: Skellysolve A. Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-592 Código NFPA: H 1; F 4; R 0;</p>		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 4-167		

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

n-PENTANO	
ICSC: 0534	n-PENTANO
© CCE, IPCS, 1994	

NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).
-----------------------------------	--

Advertencia

© INSHT

DISPOSICIONES GENERALES

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las condiciones fijadas en el presente *PLIEGO DE CONDICIONES* serán de aplicación en la ejecución de las obras del proyecto.

2. ALCANCE

En todos los artículos del presente Pliego se entenderá que su contenido rige para las materias que expresan sus títulos, en cuanto no se opongan a los establecido en la legislación vigente.

Las unidades de obra que no se hayan incluido y señalado específicamente en este Pliego, se ejecutarán de acuerdo con lo establecido en las normas e instrucciones técnicas en vigor que sean aplicables a dichas unidades con lo sancionado por la costumbre como reglas de buena práctica en la construcción y con las indicaciones que, sobre el particular, señale el Director de las obras.

3. RELACIONES ENTRE LA ADMINISTRACIÓN Y EL CONTRATISTA

3.1. DIRECCIÓN DE LAS OBRAS

El facultativo de la Administración, Director de obra, en lo sucesivo "Director", es la persona, con titulación adecuada y suficiente, directamente responsable de la comprobación y vigilancia de la correcta realización de la obra contratada.

Para el desempeño de su función, podrá contar con colaboradores a sus órdenes, que desarrollarán su labor en función de las atribuciones derivadas de sus títulos profesionales o de sus conocimientos específicos y que integrarán, junto con el Director, la Dirección de la obra, en lo sucesivo "Dirección".

Los componentes de la Dirección, serán comunicados por la Administración al Contratista, antes de la fecha de la Comprobación del Replanteo.

3.2. FUNCIONES DEL DIRECTOR

Las funciones del Director en orden a la dirección, control y vigilancia de las obras que fundamentalmente afectan a sus relaciones con el Contratista, son las siguientes:

- a) Exigir al Contratista, directamente o a través del personal a sus órdenes, el cumplimiento de las condiciones contractuales, con la facultad de controlar totalmente la ejecución de la obra.
- b) Cuidar que la ejecución de las obras se realice con estricta sujeción al Proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas, así como del cumplimiento del Programa de Trabajos.
- c) Definir aquellas condiciones técnicas que este Pliego dejan a su decisión.
- d) Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de planos, condiciones de materiales y de

ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del contrato.

e) Estudiar las incidencias o problemas planteados en las obras que impidan el normal cumplimiento del contrato o aconsejen su modificación, tramitando en su caso las propuestas correspondientes.

f) Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso; para lo cual el Contratista deberá poner a su disposición el personal y medios de la obra.

g) Acreditar al Contratista las obras realizadas, conforme a lo dispuesto en los documentos del contrato.

h) Participar en las Recepciones Provisional Y Definitiva y redactar la liquidación de las obras, conforme a las normas legales establecidas.

3.3. FACILIDADES A LA DIRECCIÓN

El contratista estará obligado a prestar su colaboración al Director para el normal cumplimiento de las funciones a éste encomendadas.

El contratista proporcionará a la Dirección toda clase de facilidades para practicar replanteos, reconocimientos y pruebas de los materiales y de su preparación, y para llevar a cabo la inspección y vigilancia de la obra y de todos los trabajos, con objeto de comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en el presente Pliego de Condiciones, facilitando en todo momento el libre acceso a todas las partes de la obra, incluso a las fabricas y talleres donde se produzcan los materiales o se realicen los trabajos para las obras, para lo cual

deberá hacer constar este requisito en los contratos y pedidos que realice con sus suministradores.

3.4. INSPECCIÓN A LAS OBRAS

Corresponde la función de inspección de las obras a los superiores jerárquicos del Director dentro de la organización de la Administración.

El Contratista otorgará a la inspección las mismas facilidades que obligatoriamente debe dar a la Dirección para el desempeño de sus funciones.

3.5. CONTRATISTA Y SU PERSONAL DE OBRA

Se entiende por Contratista la parte contratante obligada a ejecutar la obra.

Se entiende por Delegado de obra del Contratista, en lo sucesivo "Delegado", a la persona designada expresamente por el Contratista y aceptada por la Administración, con capacidad suficiente para:

- a) Ostentar la representación del Contratista cuando sea necesaria su actuación o presencia en cualquier acto derivado del cumplimiento de las obligaciones contractuales, siempre en orden a la ejecución y buena marcha de las obras.
- b) Organizar la ejecución de la obra e interpretar y poner en práctica las órdenes recibidas de la Dirección.
- c) Proponer a ésta o colaborar con ella en la resolución de los problemas que se planteen durante la ejecución.

La Administración, cuando por complejidad y volumen de la obra, así haya sido establecido en este Pliego de Condiciones, podrá exigir que el Delegado tenga la titulación profesional adecuada a la naturaleza de las obras, y que el Contratista designe, además, el personal facultativo necesario bajo la dependencia de aquél.

Antes de la iniciación de las obras, el Contratista presentará por escrito al Director la relación nominal y la titulación del personal facultativo, que a las órdenes de su Delegado, será responsable directo de los distintos trabajos o zonas de la obra.

El nivel técnico y la experiencia de este personal serán los adecuados, en cada caso, a las funciones que le hayan sido encomendadas en coincidencia con lo ofrecido por el Contratista en la proposición aceptada por la Administración en la adjudicación del contrato de obras.

El contratista dará cuenta al Director de los cambios que tengan lugar durante el tiempo de vigencia del contrato.

La Dirección de las obras podrá suspender los trabajos, sin que de ello se deduzca alteración alguna de los términos y plazos del contrato, cuando no se realicen bajo la dirección del personal facultativo designado para los mismos.

La Dirección de obras podrá recabar del Contratista la designación de un nuevo Delegado y, en su caso, de cualquier facultativo que de él dependa, cuando así lo justifique la marcha de los trabajos.

Se presumirá existe siempre dicho requisito en los casos de incumplimiento de las órdenes recibidas o de negativa a suscribir, con su conformidad o reparos, los documentos que reflejen el desarrollo de las obras,

como partes de situación, datos de medición de elementos a ocultar, resultados de ensayos. órdenes de la Dirección y análogos definidos por las disposiciones del contrato o convenientes para un mejor desarrollo del mismo.

3.6. RESIDENCIA DEL CONTRATISTA

El Contratista está obligado a comunicar a la Administración en un plazo de quince días (15) contados a partir de la fecha en que se le haya notificado la adjudicación definitiva de las obras, su residencia, o la de su Delegado, a todos los efectos derivados de la ejecución de aquella.

Desde que comiencen las obras hasta su recepción definitiva, el Contratista o su Delegado, deberá residir en el lugar indicado y, en caso de ausencia, quedará obligado a comunicar fehacientemente a la Dirección la persona que designe para sustituirle.

3.7. OFICINA DE OBRA DEL CONTRATISTA

En los casos en que la Dirección lo estime oportuno, el Contratista deberá instalar, antes del comienzo de las obras, y mantener durante la ejecución de las mismas, una oficina de obras en el lugar que considere más apropiado previa conformidad del Director.

El Contratista deberá necesariamente, conservar en ella copia autorizada de los documentos contractuales del Proyecto o Proyectos base del contrato y el Libro de Ordenes; a tales efectos, la Administración suministrará a aquél una

copia de aquellos documentos antes de la fecha en que tenga lugar la Comprobación del Replanteo.

El Contratista no podrá proceder al cambio o traslado de la oficina de obra sin previa autorización de la Dirección.

3.8. LIBRO DE ÓRDENES

El Libro de Órdenes será diligenciado previamente por el Departamento a que esté adscrita la obra, se abrirá en la fecha de Comprobación del Replanteo y se cerrará en la Recepción Definitiva.

Durante dicho lapso de tiempo estará a disposición de la Dirección, que, cuando proceda, anotará en él las órdenes, instrucciones y comunicaciones que estime oportunas autorizándolas con su firma.

Efectuada la Recepción Definitiva, el Libro de Ordenes pasará a poder de la Administración, si bien podrá ser consultado, en todo momento, por el Contratista.

3.9. ORDENES AL CONTRATISTA

Se hará constar en el Libro de Ordenes al iniciarse las obras o, en caso de modificaciones, durante el curso de las mismas, con el carácter de orden al contratista, la relación de personas que, por el cargo que ostentan o la delegación que ejercen, tienen facultades para acceder a dicho Libro y transcribir en él las que consideren necesario comunicar al Contratista.

El Contratista se atenderá en el curso de la ejecución de las obras a las órdenes e instrucciones que le sean dadas por la Dirección, que se le comunicarán por escrito y duplicado, debiendo el Contratista, devolver una copia con la firma del "Enterado".

Cuando el Contratista estime que las prescripciones de una orden sobrepasan las obligaciones del contrato, deberá presentar la observación escrita y justificada en un plazo de ocho (8) días, pasado el cual no será atendible. La reclamación no suspende la ejecución de la orden de servicio, a menos que sea decidido lo contrario por el Director.

Sin perjuicio de las disposiciones precedentes, el Contratista ejecutará las obras ateniéndose estrictamente a los planos, perfiles, dibujos, órdenes de servicio, y, en su caso, a los modelos que le sean suministrados en el curso del contrato.

El Contratista está obligado a aceptar las prescripciones escritas que señale la Dirección, aunque supongan modificación o anulación de órdenes precedentes, o alteración de planos previamente autorizados o de su documentación aneja.

El Contratista carece de facultades para introducir modificaciones en el Proyecto de las obras contratadas, en los planos de detalle autorizados por la Dirección, o en las órdenes que le hayan sido comunicadas. A requerimiento del Director, el Contratista estará obligado, a su cargo, a sustituir los materiales indebidamente empleados y a la demolición y reconstrucción de las obras ejecutadas en desacuerdo con las órdenes o los planos autorizados.

Si la Dirección estimase que ciertas modificaciones hechas bajo la iniciativa del Contratista son aceptables, las nuevas disposiciones podrán ser mantenidas, pero entonces el Contratista no tendrá derecho a ningún aumento de precios, tanto por dimensiones mayores como por un mayor valor de los materiales empleados. En este caso, las mediciones se basarán en las dimensiones fijadas en los planos y órdenes. Si, por el contrario, las dimensiones son menores o el valor de los materiales es inferior, los precios se reducirán proporcionalmente.

3.10. OBLIGACIONES GENERALES DEL CONTRATISTA

El Contratista es responsable del orden, limpieza y condiciones sanitarias de las obras objeto del contrato, por lo que deberá adoptar, a su cargo y bajo su responsabilidad, las medidas que le sean señaladas por las autoridades competentes, por los Reglamentos vigentes y por el Director.

A este respecto, es obligación del Contratista:

a) Limpiar todos los espacios interiores y exteriores de la obra de escombros, materiales sobrantes, restos de materiales, desperdicios, basuras, chatarra, andamios y de todo aquello que impida el perfecto estado de la obra y sus inmediaciones.

b) Proyectar, construir, equipar, operar, mantener, desmontar y retirar de la zona de la obra las instalaciones necesarias para la recogida, tratamiento y evacuación de las aguas residuales, de

sus oficinas e instalaciones, así como para el drenaje de las áreas donde estén ubicadas y de las vías de acceso.

c) En caso de heladas o de nevadas, adoptar las medidas necesarias para asegurar el tránsito de vehículos y peatones en las carreteras, caminos, sendas, plataformas, andamios y demás accesos y lugares de trabajo, que no hayan sido cerrados eventualmente en dichos casos.

d) Retirar de la obra las instalaciones provisionales, equipos y medios auxiliares en el momento en que no sean necesarios.

e) Adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos necesarios para que la obra, durante su ejecución, y sobre todo, una vez terminada, ofrezca un buen aspecto, a juicio de la Dirección.

f) Establecer y mantener las medidas precisas, por medio de agentes y señales, para indicar el acceso a la obra y ordenar el tráfico en la zona de obras, especialmente en los puntos de posible peligro, tanto en dicha zona como en sus lindes e inmediaciones.

g) Llevar a cabo la señalización en estricto cumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia, bajo su propia responsabilidad, y sin perjuicio de lo que sobre el particular ordene el Director.

h) Cuando dicha señalización se aplique sobre instalaciones dependientes de otros organismos públicos, el Contratista estará además obligado a lo que sobre el particular establezcan las normas del organismo público al que se encuentre afecta la

instalación. siendo de cuenta del Contratista, además de los gastos de señalización, los del organismo citado en ejercicio de las facultades inspectoras que sean de su competencia.

En caso de conflictos de cualquier clase, que pudieran implicar alteraciones de orden público, corresponderá al Contratista la obligación de ponerse en contacto con las Autoridades competentes y convenir con ellas la disposición de las medidas adecuadas para evitar dicha alteración, manteniendo al Director debidamente informado.

Todos los gastos que origine el cumplimiento de lo establecido en el presente Artículo serán de cuenta del Contratista por lo que no serán de abono directo, esto es, se considerarán incluidos en los precios del Contrato.

4. OBLIGACIONES SOCIALES, LABORALES Y ECONÓMICAS

4.1. CONTRATACIÓN DE PERSONAL

El Contratista deberá disponer, a pie de obra, del equipo técnico necesario para la correcta interpretación de los planos, para elaborar los planos de detalle, para ejecutar los replanteos que le correspondan y para la ejecución de la obra de acuerdo con las normas establecidas en este Pliego.

El Director podrá exigir la retirada de la obra del empleado u operario del Contratista que incurra en insubordinación, falta de respeto a él mismo o a sus subalternos, o realice actos que comprometan la buena marcha o calidad de los trabajos, o por incumplimiento reiterado de las normas de seguridad.

El Contratista entregará a la Dirección, cuando ésta lo considere oportuno, la relación del personal adscrito a la obra, clasificado por categorías profesionales o tajos.

4.2. OBLIGACIONES SOCIALES Y LABORALES DEL CONTRATISTA

El Contratista está obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral, de seguridad social y de seguridad e higiene en el trabajo.

El Contratista deberá constituir el órgano necesario con función específica de velar por el cumplimiento de las disposiciones vigentes sobre seguridad e

higiene en el trabajo y designará el personal técnico de seguridad que asuma las obligaciones correspondientes en cada centro de trabajo.

El incumplimiento de estas obligaciones por parte del Contratista, o la infracción de las disposiciones sobre seguridad por parte del personal técnico asignado por él, no implicará responsabilidad alguna para la Administración.

En cualquier momento, el Director podrá exigir del Contratista la justificación de que se encuentra en regla en el cumplimiento de lo que concierne a la aplicación de la legislación laboral y de la seguridad social de los trabajadores ocupados en la ejecución de las obras objeto de contrato.

4.3. SEGURIDAD E HIGIENE

El Contratista es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en los trabajos y está obligado a adoptar y hacer cumplir las disposiciones vigentes sobre esta materia, las medidas y normas que dicten los organismos competentes, las exigidas en este Pliego y las que fije o sancione el Director.

El Contratista es responsable y deberá adoptar las precauciones necesarias para garantizar la seguridad de las personas que transiten por la zona de obras y las proximidades afectadas por los trabajos a él encomendados. En particular, prestará especial atención a la seguridad del tráfico rodado, a las voladuras, a las líneas eléctricas, y a las grúas y máquinas cuyo vuelo se efectúe sobre zonas de tránsito o vías de comunicación.

4.4. OBJETOS HALLADOS EN LAS OBRAS

La Administración se reserva la propiedad de los objetos de arte, antigüedades, monedas y, en general, objetos de todas clases que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en terrenos de su propiedad o expropiados para la ejecución de la obra, sin perjuicio de los derechos que legalmente corresponden a los terceros.

El Contratista tiene la obligación de emplear todas las precauciones que para la extracción de tales objetos, le sean indicadas por la Dirección y derecho a que se le abone el exceso de gasto que tales trabajos le causen.

El Contratista está también obligado a advertir a su personal de los derechos de la Administración sobre este extremo, siendo responsable subsidiario de las sustracciones o desperfectos que pueda ocasionar el personal empleado en la obra.

En el supuesto de que durante las excavaciones se encontraran restos arqueológicos se interrumpirán los trabajos y se dará cuenta con la máxima urgencia a la Dirección. En el plazo más perentorio posible, y previo los correspondientes asesoramientos, el director confirmará o levantará la interrupción.

4.5. SERVIDUMBRES Y PERMISOS

El Contratista está obligado a mantener provisionalmente durante la ejecución de la obra y a reponer a su finalización todas aquellas servidumbres que se relacionen en los documentos del proyecto.

Tal relación podrá ser rectificada como consecuencia de la comprobación del replanteo o de necesidades surgidas durante su ejecución.

Son de cuenta del Contratista los trabajos necesarios para el mantenimiento y reposición de tales servidumbres.

En cualquier caso, se mantendrán, durante la ejecución de las obras, todos los accesos a las viviendas y fincas existentes en la zona afectada por las obras.

El Contratista deberá obtener, con antelación necesaria para que no se presenten dificultades en el cumplimiento del Programa de Trabajo, todos los permisos que se precisen para la ejecución de las obras. Las cargas, tasas, impuestos y demás gastos derivados de la obtención de estos permisos, serán siempre a cuenta del Contratista. Asimismo, abonará a su costa todos los cánones para la ocupación temporal de terrenos para instalaciones, explotación de canteras, préstamos o vertederos, y obtención de materiales.

El Contratista estará obligado a cumplir estrictamente todas las condiciones que haya impuesto el organismo o la entidad otorgante del permiso, en orden a las medidas, precauciones, procedimientos y plazos de ejecución de los trabajos para los que haya solicitado el permiso.

Todos los gastos que origine el cumplimiento de lo preceptuado en el presente Artículo serán de cuenta del Contratista y no serán de abono directo.

4.6. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

El Contratista realizará a su costa y entregará una (1) copia en color de tamaño veinticuatro por dieciocho centímetros (24x18 cm) de una colección de como mínimo seis (6) fotografías de las obras tomadas la mitad antes de su comienzo y las restantes después de su terminación.

Asimismo, el Contratista realizará a su costa y entregará una (1) copia en color de tamaño veinticuatro por dieciocho centímetros (24x18 cm) de una colección de como mínimo cuatro (4) fotografías de la obra ejecutada en cada mes.

Los negativos de estas fotografías serán también facilitados por el Contratista al Director para su archivo en la Administración.

El Director podrá si las características de las obras lo aconsejan, ampliar el número de fotografías anteriormente indicado.

4.7. CARTELES DE OBRA

Será de cuenta del Contratista la confección e instalación de los carteles de obra de acuerdo con los modelos y normas de la Administración.

El número de los carteles a instalar y las normas vigentes para la confección lo indicará el Director de las obras.

5. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

5.1. PLANOS A SUMINISTRAR POR LA ADMINISTRACIÓN

Los planos a suministrar por la Administración se pueden clasificar en planos de contrato y planos complementarios.

Son planos del contrato los planos del proyecto y los que figuren como tales en los documentos de adjudicación o de formalización del contrato, que definen la obra a ejecutar al nivel del detalle posible en el momento de la licitación.

Son planos complementarios los que el Director entrega al Contratista durante la ejecución de las obras, necesarios para desarrollar aspectos no definidos en los planos del contrato, así como de las modificaciones de estos planos a efectos de completar detalles, para adaptarlos a las condiciones reales de la obra, o con otros fines.

El Contratista deberá revisar todos los planos que le hayan sido facilitados por la Administración y comprobar sus cotas, inmediatamente después de recibidos. Deberá informar al Director sobre cualquier error o contradicción en los planos con tiempo suficiente para que éste pueda aclararla. El Contratista será responsable de las consecuencias de cualquier error que pudiera haberse subsanado mediante una adecuada revisión.

5.2. PLANOS A SUMINISTRAR POR EL CONTRATISTA

El Director, deberá especificar las instalaciones y obras auxiliares de las que el Contratista deberá entregar planos detallados, estudios y los datos de producción correspondientes para su debida aprobación si procede.

El Contratista someterá a la aprobación del Director, antes de iniciar la fabricación o adquisición, los planos de conjunto y los dibujos de catálogo o de ofertas comerciales, de las instalaciones y equipos mecánicos o eléctricos que debe suministrar según el contrato, y deberá proporcionar al Director un ejemplar de todos los manuales de instalación, funcionamiento y mantenimiento de estos equipos e instalaciones, sin costo alguno para la Administración.

El Contratista está obligado a presentar para su aprobación los planos, las prescripciones técnicas y la información complementaria para la ejecución y el control de los trabajos que hayan de ser realizados por algún subcontratista especializado, tales como sondeos, inyecciones, cimentaciones indirectas, trabajos subacuáticos, obras realizadas por procedimientos patentados y otros trabajos de tecnología especial.

Todos los planos y documentos antes citados estarán escritos en idioma castellano. Si el original estuviera escrito en otro idioma deberá acompañarse de la correspondiente traducción al castellano.

5.3. CONTRADICCIONES, OMISIONES Y ERRORES

Los errores materiales que puedan contener el Proyecto o Presupuesto elaborado por la Administración no anularán el contrato, salvo que sean denunciados por cualesquiera de las partes dentro de dos (2) meses computados a partir de la fecha del Acta de Comprobación del Replanteo y afecten, además, al importe del presupuesto de la obra, en el porcentaje que establezca el Contrato.

Caso contrario, los errores materiales sólo darán lugar a su rectificación, pero manteniéndose invariable la baja proporcional en la adjudicación.

En caso de contradicción entre los planos y este Pliego prevalecerá lo dispuesto en este último.

Lo mencionado en este Pliego y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos documentos, siempre que, a juicio del Director, quede suficientemente definida la unidad de obra correspondiente y ésta tenga precio en el contrato.

Las contradicciones, omisiones o errores que se adviertan en estos documentos por el Director o por el Contratista, antes de la iniciación de la obra, deberá reflejarse en el Acta de Comprobación del Replanteo con su posible solución.

Las omisiones en los planos y en el Pliego de Condiciones, las descripciones erróneas de los detalles constructivos de elementos indispensables para el buen funcionamiento y aspecto de la obra, de acuerdo con los criterios expuestos en dichos documentos, y que, por uso y costumbre deban ser realizados, no solo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que, por el contrario,

deberán ser ejecutados como si hubieran sido completa y correctamente especificados en los planos y en el Pliego de Condiciones.

5.4. CARÁCTER CONTRACTUAL DE LA DOCUMENTACIÓN

Obligatoriamente, tendrán carácter contractual los siguientes documentos del proyecto:

- a) **Los Planos.**
- b) **El Pliego de Condiciones.**
- c) **Los cuadros de precios.**

Asimismo, podrán tener carácter contractual el Acta de Comprobación del Replanteo y los plazos parciales que puedan haberse fijado al aprobar el Programa de Trabajo. Para ello, será necesario que dichos documentos sean aprobados por la Administración.

En caso de estimarse necesario durante la redacción del Proyecto el calificar de contractual cualquier otro documento del mismo, se hará constar así en el Pliego de Condiciones Administrativas estableciendo a continuación las normas por las que se registrarán los incidentes de contradicción con los otros documentos contractuales.

Los datos sobre informes geológicos y geotécnicos, reconocimientos, sondeos, procedencia de materiales, ensayos, condiciones locales, diagramas de ejecución de las obras, estudios de maquinaria, estudios de programación, de condiciones climáticas e hidrológicas y, en general, todos los que se incluyen habitualmente en la Memoria de los Proyectos, son documentos informativos.

Los documentos anteriormente indicados, representan una opinión de la Administración. Sin embargo, ello no supone que este se responsabilice de la certeza de los datos que se suministran, y consecuencia, deben aceptarse tan solo como complemento de la información que el contratista debe adquirir directamente y con sus propios medios.

En base a lo anterior, el Contratista será responsable de los errores que se puedan derivar de su defecto o negligencia en la consecución de todos los datos que afecten al contrato y a la ejecución de las obras.

6. COMIENZO DE LAS OBRAS

6.1. CONOCIMIENTO DEL EMPLAZAMIENTO DE LAS OBRAS

El Contratista tiene la obligación de haber inspeccionado y estudiado el emplazamiento y sus alrededores y darse por enterado de la naturaleza del terreno, de las condiciones hidrológicas y climáticas, de la configuración y naturaleza del emplazamiento de las obras, de las cantidades y naturaleza de los trabajos a realizar y de los materiales necesarios para la ejecución de las obras, de los accesos al emplazamiento, de toda la información necesaria, en lo relativo a los riesgos, contingencias y demás factores y circunstancias que puedan incidir en la ejecución y en el coste de las obras.

Ningún defecto o error de interpretación que pudiera contener o surgir del uso de documentos, estudios previos, informes técnicos o suposiciones establecidas en el Proyecto y en general de toda información adicional suministrada a los licitadores por la Administración, o procurada por éstos directamente, relevará al contratista de las obligaciones dominantes del contrato.

A menos que se establezcan explícitamente lo contrario, el Contratista no tendrá derecho a eludir sus responsabilidades ni a formular reclamación alguna que se funde en datos o antecedentes del Proyecto que puedan resultar equivocados o incompletos.

6.2. COMPROBACIÓN DEL REPLANTEO

El Acta de Comprobación del Replanteo reflejará los siguientes extremos:

- 1.- La conformidad o disconformidad del replanteo respecto a los documentos contractuales del Proyecto.
- 2.- Especial y expresa referencia a las características geométricas de la obra.
- 3.- Especial y expresa referencia a la autorización para la ocupación de los terrenos necesarios.
- 4.- Las contradicciones, errores u omisiones que se hubieran observado en los documentos contractuales de Proyecto.
- 5.- Cualquier otro punto que pueda afectar al cumplimiento del Contrato.

Serán de cuenta del Contratista todos los gastos derivados de la Comprobación del Replanteo.

El Contratista transcribirá, y el Director autorizará con su firma, el texto del Acta en el Libro de Ordenes.

La Comprobación del Replanteo deberá incluir, como mínimo, el eje principal de los diversos tramos o partes de la obra y los ejes principales de las obras de fábrica, así como los puntos fijos o auxiliares necesarios para los sucesivos replanteos de detalle.

6.3. PROGRAMA DE TRABAJO

El Contratista estará obligado a presentar un Programa de Trabajo, en las condiciones que se indican más adelante.

El Programa de Trabajo deberá proporcionar la siguiente información:

1.- Estimación en días calendario de los tiempos de ejecución de las distintas actividades, incluidas las operaciones y obras preparatorias, instalaciones y obras auxiliares y las de ejecución de las distintas partes o clases de obra definitiva.

2.- Valoración mensual de la obra programada.

El Programa de Trabajo incluirá todos los datos y estudios necesarios para la obtención de la información anteriormente indicada, debiendo ajustarse tanto la organización de la obra como los procedimientos, calidades y rendimientos a los contenidos en la oferta, no pudiendo en ningún caso ser de inferior condición a la de éstos.

El Programa de Trabajo habrá de ser compatible con los plazos parciales establecidos por el Director de las obras y tendrá las holguras convenientes para hacer frente a aquellas incidencias de obra que, sin ser de posible programación, deben ser tenidas en cuenta en toda obra según sea la naturaleza de los trabajos y la probabilidad de que se presenten.

Los gráficos de conjunto del Programa de trabajo serán diagramas de barras que se desarrollarán por los métodos PERT, CPM o análogos, según indique el Director.

El Programa de Trabajo deberá tener en cuenta el tiempo que la Dirección precise para proceder a los trabajos de replanteo y a las inspecciones, comprobaciones, ensayos y pruebas que le correspondan.

El Programa de Trabajo debe presentarse al Director en el plazo de un (1) mes desde el día siguiente a aquel en que tuviere lugar la firma del Acta de Comprobación del Replanteo.

El Director resolverá sobre el programa presentado dentro de los treinta (30) días siguientes a sus presentación. La resolución puede imponer al Programa de Trabajo presentado la introducción de modificaciones o el cumplimiento de determinadas prescripciones, siempre que no contravengan las cláusulas del contrato. En particular, el Contratista está obligado a cumplir los plazos parciales que la Administración fije a la vista del Programa de Trabajo, conforme previene el Artículo 3.5.4 del presente Pliego de Condiciones.

El Director podrá acordar el no dar curso a las certificaciones de obra hasta que el Contratista haya presentado en debida forma el Programa de Trabajo cuando éste sea obligatorio, sin derecho a intereses de demora, en su caso, por retraso en el pago de estas certificaciones.

El Programa de Trabajo será revisado cada trimestre por el Contratista y cuantas veces sea éste requerido para ello por la Dirección debido a causas que el Director estime suficientes. En caso de no precisar modificación, el Contratista lo comunicará mediante certificación suscrita por su Delegado.

El Contratista se someterá a las instrucciones y normas que dicte el Director, tanto para la redacción del Programa inicial como en las sucesivas revisiones y actualizaciones. No obstante, tales revisiones no eximen al Contratista de su responsabilidad respecto de los plazos estipulados en el contrato.

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

Todos los gastos que originase el cumplimiento del presente Artículo, están incluidos en los precios del contrato, por lo que no serán objeto de abono independiente.

7. DESARROLLO Y CONTROL DE LAS OBRAS

7.1. REPLANTEOS

El Director comprobará los replanteos efectuados por el Contratista y éste no podrá iniciar la ejecución de ninguna obra o parte de ella, sin haber obtenido del Director la correspondiente aprobación del replanteo.

La aprobación por parte del Director de cualquier replanteo efectuado por el Contratista, no disminuirá la responsabilidad de éste en la ejecución de las obras, de acuerdo con los planos y con las prescripciones establecidas en este Pliego de Condiciones.

Los perjuicios que ocasionasen los errores de los replanteos realizados por el Contratista, deberán ser subsanados a cargo de éste, en la forma que indicare el Director.

El Contratista deberá proveer, a su costa, todos los materiales, aparatos y equipos de topografía, personal técnico especializado y mano de obra auxiliar, necesarios para efectuar los replanteos a su cargo y materializar los vértices, bases, puntos y señales niveladas. Todos los medios materiales y de personal citados tendrán cualificación adecuada al grado de exactitud de los trabajos topográficos que requiera cada una de las fases del replanteo y el grado de tolerancias geométricas fijado por el Director, de acuerdo con las características de la obra.

En las comprobaciones del replanteo que la Dirección efectúe, el Contratista, a su costa, prestará la asistencia y ayuda que el Director requiera, evitará que los trabajos de ejecución de las obras interfieran o entorpezcan las operaciones de comprobación y, cuando sea indispensable, suspenderá dichos trabajos, sin que por ello tenga derecho a indemnización alguna.

En los replanteos que realice directamente la Administración y para las comprobaciones de los replanteos que realice el Contratista, éste proveerá a su costa la mano de obra, los materiales y medios auxiliares para la ejecución de los pilares de triangulación, hitos, señales y demás puntos topográficos a materializar en el terreno.

El Contratista ejecutará a su costa los accesos, sendas, escalas, pasarelas y andamios necesarios para la realización de todos los replanteos, tanto los efectuados por el mismo como por la Administración, para las comprobaciones de los replanteos y para la materialización de los puntos topográficos citados anteriormente.

El Contratista será responsable de la conservación, durante el tiempo de vigencia del contrato, de todos los puntos topográficos materializados en el terreno y señales niveladas, debiendo reponer, a su costa, los que por necesidad de ejecución de las obras o por deterioro, hubieran sido movidos o eliminados, por lo que comunicará por escrito al Director, y éste dará las instrucciones oportunas y ordenará la comprobación de los puntos repuestos.

7.2. ACCESO A LAS OBRAS

Salvo prescripción específica en algún documento contractual, serán de cuenta y riesgo del Contratista, todas las vías de comunicación y las instalaciones auxiliares para transporte, tales como carreteras, caminos, sendas, pasarelas, planos inclinados, montacargas para el acceso de personas, transporte de materiales a la obra, etc.

Estas vías de comunicación e instalaciones auxiliares serán gestionadas, proyectadas, construidas, conservadas, mantenidas y operadas, así como demolidas, desmontadas, retiradas, abandonadas o entregadas para usos posteriores por cuenta y riesgo del Contratista.

El Contratista deberá obtener de la Autoridad competente las oportunas autorizaciones y permisos para la utilización de las vías e instalaciones, tanto de Carácter público como privado.

La Administración se reserva el derecho de que determinadas carreteras, caminos, sendas, rampas y otras vías de comunicación construidas por cuenta del Contratista, puedan ser utilizadas gratuitamente por si mismo o por otros contratistas para la realización de trabajos de control de calidad, auscultación, reconocimientos y tratamientos de terreno, sondeos, inyecciones, anclajes, cimentaciones indirectas, obras especiales, montaje de elementos metálicos, mecánicos, eléctricos y de otros equipos de instalación definitiva.

La Administración se reserva el derecho a que aquellas carreteras, caminos, sendas e infraestructuras de obra civil de instalaciones auxiliares de transporte, que el Director considere de utilidad para la explotación de la obra definitiva o para otros fines que la Administración estime conveniente, sean entregadas por el Contratista al término de su utilización por éste, sin que por ello el Contratista haya de percibir abono alguno.

7.3. ACCESO A LOS TAJOS

El presente Artículo se refiere a aquellas obras auxiliares e instalaciones que, además de las indicadas en el Artículo 7.5 de éste Pliego de Condiciones, sean necesarias para el acceso del personal y para el transporte de materiales y maquinarias a los frentes de trabajo o tajos, ya sean de carácter provisional o permanente, durante el plazo de ejecución de la obras.

La Dirección se reserva el derecho para sí mismo y para las personas autorizadas por el Director, de utilizar todos los accesos a los tajos constituidos por el Contratista, ya sea para las funciones a aquella encomendadas, como para permitir el paso de personas y materiales necesarios para el desarrollo de los trabajos.

El Director podrá exigir la mejora de los accesos a los tajos o la ejecución de otros nuevos, si así lo estima necesario, para poder realizar debidamente la inspección de las obras.

Todos los gastos de proyecto, ejecución, conservación y retirada de los accesos a los tajos, serán de cuenta del Contratista no siendo por tanto, de abono directo.

7.4. TELECOMUNICACIONES

El Director fijará el sistema básico de telecomunicaciones de la obra que será instalado, mantenido y explotado por el Contratista.

El sistema básico de telecomunicaciones podrá incluir un servicio telefónico operable durante las veinticuatro (24) horas del día y aparatos telefónicos en las áreas de trabajo de mayor importancia, incluyendo todas las oficinas, almacenes, talleres, laboratorios, plantas de hormigón y servicios de primeros auxilios, así como cualquier otro lugar donde se desarrollen actividades importantes o se ubiquen servicios esenciales.

Todos los gastos derivados de lo establecido en el presente Artículo serán de cuenta del Contratista.

7.5. INSTALACIONES AUXILIARES DE OBRAS Y OBRAS AUXILIARES

Constituye obligación del Contratista el proyecto, la construcción, conservación y explotación, desmontaje, demolición y retirada de obra de todas las instalaciones auxiliares de obra y de las obras auxiliares, necesarias para la ejecución de las obras definitivas.

Su coste es de cuenta del Contratista, por lo que no serán objeto de abono al mismo.

Se considerarán instalaciones auxiliares de obra las que, sin Carácter limitativo, se indican a continuación:

- a) Oficinas y Laboratorios de la Dirección.
- b) Instalaciones de transporte, transformación y distribución de energía eléctrica y de alumbrado.
- c) Instalaciones telefónicas y de suministro de agua potable e industrial.
- d) Instalaciones para servicios del personal.
- e) Instalaciones para los servicios de seguridad y vigilancia.
- f) Oficinas, laboratorios, almacenes, talleres y parques del Contratista.
- g) Cualquier otra instalación que el Contratista necesite para la ejecución de la obra.

Se considerarán como obras auxiliares las necesarias para la ejecución de las obras definitivas que, sin Carácter limitativo, se indican a continuación:

- a) Obras para el desvío de corrientes de aguas superficiales, tales como ataguías, canalizaciones, encauzamientos, etc.
- b) Obras de drenaje, recogida y evacuación de las aguas en las zonas de trabajo.
- c) Obras de protección y defensa contra inundaciones.
- d) Obras para agotamientos o para rebajar el nivel freático.

e) Entibaciones, sostenimientos y consolidación del terreno en obras a cielo abierto y subterráneas.

f) Obras provisionales de desvío de la circulación de personas o vehículos, requeridas para la ejecución de las obras objeto del Contrato.

Durante la vigencia del Contrato, serán de cuenta y riesgo del Contratista el funcionamiento, la conservación y el mantenimiento de todas las instalaciones auxiliares de obra y obras auxiliares.

7.6. MATERIALES

Los materiales que hayan de constituir parte integrantes de las unidades de la obra definitiva, los que el Contratista emplee en los medios auxiliares para su ejecución, así como los materiales de aquellas instalaciones y obras auxiliares que total o parcialmente hayan de formar parte de las obras objeto del contrato, tanto provisionales como definitivas, deberán cumplir las especificaciones establecidas en este Pliego de Condiciones.

El Director definirá, de conformidad con la normativa oficial vigente, las características de aquellos materiales para los que no figuren especificaciones correctas en este Pliego de Condiciones de forma que puedan satisfacer las condiciones de funcionalidad y de calidad de la obra a ejecutar establecidas en contrato.

El Contratista notificará a la Dirección con la suficiente antelación la procedencia y características de los materiales que se propone utilizar a fin de que la Dirección determine su idoneidad.

La aceptación de las procedencias propuestas será requisito indispensable para que el Contratista pueda iniciar el acopio de los materiales en la obra, sin perjuicio de la potestad de la Administración, para comprobar en todo momento de manipulación, almacenamiento o acopio que dicha idoneidad se mantiene.

Cualquier trabajo que se realice con materiales de procedencia no autorizada podrá ser considerado como defectuoso.

Si el Pliego de Condiciones fijara la procedencia concreta para determinados materiales naturales, el Contratista estará obligado a obtenerlos de esta procedencia.

Si durante las excavaciones de las obras se encontraran materiales que pudieran emplearse con ventaja técnica o económica sobre los previstos, la Dirección podrá autorizar el cambio de procedencia.

En los casos en que el Pliego de Condiciones no fijara determinadas zonas o lugares apropiados para la extracción de materiales a emplear en la ejecución de las obras el Contratista los elegirá bajo su única responsabilidad y riesgo.

Los productos industriales de empleo en la obra se determinaran por sus calidades y características, sin poder hacer referencia a marcas, modelos o denominaciones específicas.

Si en los documentos contractuales figurase alguna marca de un producto industrial para designar a este, se entenderá que tal mención se constriñe a las calidades y características de dicho producto, pudiendo el Contratista utilizar productos de otra marca o modelo que tengan las mismas.

El Contratista deberá presentar, para su aprobación, muestras, catálogos y certificados de homologación de los productos industriales y equipos identificados por marcas o patentes.

Si la Dirección considerase que la información no es suficiente, el Director podrá exigir la realización, a costa del contratista, de los ensayos y pruebas que estime convenientes. Cuando se reconozca o demuestre que los materiales o equipos no son adecuados para su objeto, el Contratista los reemplazará, a su costa, por otros que cumplan satisfactoriamente el fin a que se destinan.

7.7. ENSAYOS Y RECEPCIÓN DE MATERIALES

Previamente a la ejecución de la obra deberá desarrollarse un Programa del Control de Calidad de la misma, de acuerdo con sus características particulares.

Servirá de base para su confección lo indicado al respecto en el presente Pliego de Condiciones.

La calidad de los materiales que hayan sido almacenados o acopiados deberá ser comprobada en el momento de su utilización para la ejecución de la obras, mediante las pruebas y ensayos correspondientes, siendo rechazados los que en ese momento no cumplan las prescripciones establecidas.

De cada uno de los materiales a ensayar, analizar o probar, el Contratista suministrara a sus expensas las muestras que en cantidad, forma, dimensiones y características establezca el Programa de Control.

Asimismo, el Contratista está obligado a suministrar a su costa los medios auxiliares necesarios para la obtención de las muestras, su manipulación y transporte.

7.8. ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES

El Contratista debe instalar en la obra y por su cuenta los almacenes precisos para asegurar la conservación de los materiales, evitando su destrucción o deterioro y cumpliendo, al respecto, las instrucciones que, reciba de la Dirección.

Los materiales se almacenarán de modo que se asegure su correcta conservación y de forma que sea posible su inspección en todo momento y que pueda asegurarse el control de calidad de los materiales con el tiempo necesario para que sean conocidos los resultados antes de su empleo en obra.

7.9. MATERIALES DEFECTUOSOS

Cuando los materiales no fueran de la calidad prescrita en este Pliego de Condiciones, o no tuvieran la preparación en ellos exigida, o cuando a falta de prescripciones formales en los pliegos se demostrará que no fueran adecuados para su objeto, el Director dará orden al Contratista para que éste, a su costa, los reemplace por otros que cumplan las prescripciones o que sean idóneos para el objeto a que se destinen.

Los materiales rechazados, y los que habiendo sido inicialmente aceptados han sufrido deterioro posteriormente, deberán ser inmediatamente retirados de la obra por cuenta del Contratista.

7.10. ACOPIO DE MATERIALES

El Contratista está obligado a acopiar en correctas condiciones los materiales que requiera para la ejecución de la obra en el ritmo y calidad exigidos por el Contrato.

El Contratista deberá prever el lugar, forma y manera de realizar los acopios de los distintos tipos de materiales y de los productos procedentes de excavaciones para posterior empleo, siguiendo las indicaciones que pudiera hacer el Director.

La Administración se reserva el derecho de exigir del Contratista el transporte y entrega en los lugares que aquel indique de los materiales procedentes de excavaciones, levantados o demoliciones que considere de utilidad.

El Contratista propondrá al Director, para su aprobación, el emplazamiento de las zonas de acopio de materiales, con la descripción de sus accesos, obras y medidas que se propone llevar a cabo para garantizar la preservación de la calidad de los materiales.

Las zonas de acopio deberán cumplir las condiciones mínimas siguientes:

No se podrán emplear zonas destinadas a las obras.

Deberán mantenerse los servicios públicos o privados existentes.

Estarán provistos de los dispositivos y obras para la recogida y evacuación de las aguas superficiales.

Los acopios se dispondrán de forma que no se merme la calidad de los materiales, tanto en su manipulación como en su situación de acopio.

Se adoptarán las medidas necesarias en evitación de riesgo de daños a terceros.

Todas las zonas utilizadas para acopio deberán quedar al término de las obras, en las mismas condiciones que existían antes de ser utilizados como tales. Será de cuenta y responsabilidad del Contratista, la retirada de todos los excedentes de material acopiado.

Será de responsabilidad y cuenta del Contratista, la obtención de todos los permisos, autorizaciones, pagos, arrendamiento, indemnizaciones y otros que deba efectuar por concepto de uso de zonas destinadas para acopios y que no correspondan a terrenos puestos a disposición del Contratista por la Administración.

Todos los gastos de establecimiento de las zonas de acopio y sus accesos, los de su utilización y restitución al estado inicial, serán de cuenta del Contratista.

El Director podrá señalar al Contratista un plazo para que retire de los terrenos de la obra los materiales acopiados que ya no tengan empleo en la misma. En caso de incumplimiento de esta orden podrá proceder a retirarlos por cuenta y riesgo del Contratista.

7.11. CONTROL DE CALIDAD

Tanto los materiales, como la ejecución de los trabajos y las unidades de obra terminadas, deberán ser de la calidad exigida en el contrato, cumplirán las instrucciones del Director, y estarán sometidos, en cualquier momento, a los ensayos y pruebas que éste disponga.

La inspección de la calidad de los materiales, de la ejecución de las unidades de obra y de las obras terminadas corresponde a la Dirección, la cual utilizará los servicios de control de calidad de un laboratorio homologado.

El Contratista deberá dar las facilidades necesarias para la toma de muestras y la realización de ensayos y pruebas "in situ" e interrumpir cualquier actividad que pudiera impedir la correcta realización de estas operaciones.

Los gastos derivados del control de la calidad de la obra que realicen la Dirección, serán por cuenta del Contratista, hasta un 1% del Presupuesto de Ejecución Material.

No obstante lo anteriormente indicado, el Contratista podrá efectuar su propio control de calidad, independientemente del realizado por la Administración.

Los gastos derivados de este control de calidad, propio del Contratista, serán de cuenta de éste y estarán incluidos en los precios del contrato no siendo, por tanto, objeto de abono independientemente.

Ninguna parte de la obra deberá cubrirse u ocultarse sin la aprobación del Director. El Contratista deberá dar todo tipo de facilidades al Director para examinar, controlar y medir toda la obra que haya de quedar oculta, así como

para examinar el terreno de cimentación antes de cubrirlo con la obra permanente.

Si el Contratista ocultara parte de la obra sin previa autorización escrita del Director, deberá descubrirla, a su costa, si así lo ordenara éste.

7.12. OBRAS DEFECTUOSAS O MAL EJECUTADAS

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista responderá de la obra contratada y de las faltas que en ella hubiere, sin que sea eximente ni le de derecho alguno la circunstancia de que la Dirección haya examinado o reconocido, durante su construcción, las partes y unidades de la obra o los materiales empleados, ni que hayan sido incluidos estos y aquellas en las mediciones y certificaciones parciales.

El Contratista quedará exento de responsabilidad cuando la obra defectuosa o mal ejecutada sea consecuencia inmediata y directa de una orden de la Administración o vicios del Proyecto, salvo que éste haya sido presentado por el Contratista en la licitación si ésta se hubiese convocado bajo la figura concurso de Proyecto y Obra.

Si se advierten vicios o defectos en la construcción o se tienen razones fundadas para creer que existen ocultos en la obra ejecutada, la Dirección ordenará, durante el curso de la ejecución y siempre antes de la Recepción Definitiva, la demolición y reconstrucción de la unidades de obra en que se den aquellas circunstancias o las acciones precisas para comprobar la existencia de tales defectos ocultos.

Si la Dirección ordena la demolición y reconstrucción por advertir vicios o defectos patentes en la construcción, los gastos de estas operaciones serán de cuenta del Contratista, con derecho de éste a reclamar ante la Administración en el plazo de diez (10) días, contados a partir de la notificación escrita de la Dirección.

En el caso de ordenarse la demolición y reconstrucción de unidades de obra por creer existente en ellas vicios o defectos ocultos, los gastos incumbirán también al Contratista, si resulta comprobada la existencia real de aquellos vicios o defectos; caso contrario, correrán a cargo de la Administración.

Si la Dirección estima que las unidades de obra defectuosas y que no cumplen estrictamente las condiciones del contrato son sin embargo, admisibles, puede proponer la Administración la aceptación de las mismas, con la siguiente rebaja de los precios. El Contratista queda obligado a aceptar los precios rebajados fijados por la Administración, a no ser que prefiera demoler y reconstruir las unidades defectuosas por su cuenta y con arreglo a las condiciones del Contrato.

La Dirección, en el caso de que se decidiese la demolición y reconstrucción de cualquier obra defectuosa, podrá exigir del Contratista la propuesta de la pertinentes modificaciones en el Programa de Trabajo, maquinaria, equipo y personal facultativo que garanticen el cumplimiento de los plazos o la recuperación en su caso, del retraso padecido.

7.13. TRABAJOS NO AUTORIZADOS

Cualquier trabajo, obra o instalación auxiliar, obra definitiva o modificación de la misma, que haya sido realizado por el Contratista sin la debida autorización o la preceptiva aprobación del Director o del órgano competente de la Administración, en su caso, será removido, desmontado o demolido si el Director lo exigiere.

Será de cuenta del Contratista los gastos de remoción, desmontaje o demolición, así como los daños y perjuicios que se derivasen por causa de la ejecución de trabajos no autorizados.

7.14. USO DE OBRAS PARCIALMENTE TERMINADAS

La Administración se reserva el derecho a hacer uso de determinadas obras, o parte de ellas. aun cuando no estén totalmente terminadas porque falte parte de su ejecución o porque falte por realizar trabajos de terminación o acabado incluidos en el contrato.

La Dirección concretará las condiciones de entrega provisional, de funcionamiento y de ulterior terminación de aquellas obras o partes de ellas que deban ser objeto de uso anticipado, ya sea por necesidades de puesta en servicio parcial, para efectuar trabajos que no formen parte del contrato, tales como el montaje de elementos mecánicos o eléctricos u otros equipos de instalación definitiva o por otras necesidades de la Administración.

Si como consecuencia de su uso anticipado, ciertas obras sufrieran desperfectos, las reparaciones necesarias serán ejecutadas a cargo de la Administración, excepto que tales desperfectos fueran consecuencia de su deficiente calidad o de vicios ocultos, siendo, en este caso, su reparación de cuenta del contratista.

7.15. CONSERVACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

El Contratista está obligado a conservar durante la ejecución de las obras y hasta su Recepción Provisional, todas las obras objeto del Contrato, incluidas las correspondientes a las modificaciones del proyecto autorizadas, así como las carreteras, accesos y servidumbres afectadas, desvíos provisionales, señalizaciones existentes y señalizaciones de obra, y cuantas obras, elementos e instalaciones auxiliares deban permanecer en servicio, manteniéndolos en buenas condiciones de uso.

Los trabajos de conservación durante la ejecución de las obras hasta su Recepción Provisional no serán de abono, salva que expresamente, y para determinados trabajos, se prescriba en el Presupuesto.

Los trabajos de conservación no obstaculizarán el uso público o servicio de la obra, ni de las carreteras o servidumbres colindantes y, de producir afectación, deberán ser previamente autorizadas por el Director y disponer de la oportuna señalización.

Inmediatamente antes de la Recepción Provisional de las obras, el Contratista habrá realizado la limpieza general de la obra, retirando las instalaciones auxiliares y, salvo expresa prescripción contraria del Director, demolido, removido y efectuado el acondicionamiento del terreno de las obras auxiliares que hayan de ser utilizadas.

8. ABONO DE LA OBRA EJECUTADA

8.1. MEDICIÓN DE LA OBRA EJECUTADA

La Dirección realizará mensualmente, y en la forma que establece este Pliego de Condiciones, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior.

El Contratista o su Delegado podrán presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obras cuyas dimensiones y características hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el Contratista está obligado a avisar a la Dirección con la suficiente antelación, a fin de que ésta pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el Contratista o su Delegado.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al Contratista, queda este obligado a aceptar las decisiones de la Administración sobre el particular.

Con carácter general, todas las unidades de obra se medirán por su volumen, superficie, longitud o peso, expresados en unidades del sistema métrico, o por el número de unidades iguales, de acuerdo a como figuran especificadas en los Cuadros de Precios y en la definición de los Precios Nuevos aprobados en el curso de las obras, si los hubiere.

Las mediciones se calcularán por procedimientos geométricos a partir de los datos de los planos de construcción de la obra y, cuando esto no sea posible, por medición sobre planos de perfiles transversales, o sobre planos acotados, tomados del terreno. A estos efectos solamente serán válidos los levantamientos topográficos y datos de campo que hayan sido aprobados por el Director.

Cuando este Pliego de Condiciones indique la necesidad de pesar materiales directamente, el Contratista deberá situar las básculas o instalaciones necesarias, debidamente contratadas, para efectuar las mediciones por peso requeridas. Dichas básculas o instalaciones serán a costa del Contratista, salvo que se especifique lo contrario en los documentos contractuales correspondientes.

Solamente podrá utilizar la conversión de peso a volumen o viceversa, cuando expresamente la autorice este Pliego de Condiciones. En este caso, los factores de conversión estarán definidos, o en su defecto, lo serán por el Director.

8.2. PRECIOS UNITARIOS DE CONTRATO

Todos los trabajos, transportes, medios auxiliares y materiales que sean necesarios para la correcta ejecución y acabado de cualquier unidad de obra se considerarán incluidos en el precio de la misma, aunque no figuren todos ellos especificados en la descomposición o descripción de los precios.

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se ha basado en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución.

8.3. OBRAS CONSTRUIDAS EN EXCESO

Cuando, a juicio del Director, el aumento de dimensiones de una determinada parte de obra ejecutada, o exceso de elementos unitarios, respecto de lo definido en los, planos de construcción, pudiera perjudicar las condiciones estructurales, funcionales o estéticas de la obra, el Contratista, tendrá la obligación de demolerla a su costa y rehacerla nuevamente con arreglo a lo definido en los planos.

En el caso en que no sea posible, o aconsejable, a juicio del Director, la demolición de la obra ejecutada en exceso, el Contratista estará obligado a cumplir las instrucciones del Director para subsanar los efectos negativos subsiguientes, sin que tenga derecho a exigir indemnización alguna por estos trabajos.

Aun cuando los excesos sean inevitables, a juicio del Director o autorizados por éste, no serán de abono si forman parte de los trabajos auxiliares necesarios para la ejecución de la obra, y tampoco lo serán si dichos excesos o sobreanchos están incluidos en el precio de la unidad correspondiente o si en las prescripciones relativas a la medición y abono de la unidad de obra en cuestión así lo estableciere este Pliego de Condiciones.

Únicamente serán de abono los excesos de obra o sobreanchos inevitables que de manera explícita así lo disponga éste PC y en las circunstancias, procedimiento de medición, limites y precios aplicables que determine.

Si en este PC o en los cuadros de precios no figurase precio concreto para los excesos o sobrecostos de obra abonables se aplicará el mismo precio unitario de la obra ejecutada en exceso.

8.4. OBRAS EJECUTADAS EN DEFECTO

Si la obra realmente ejecutada tuviere dimensiones inferiores a las definidas en los planos, ya sean por orden del Director o por error de construcción, la medición para su valoración será la correspondiente a la obra realmente ejecutada, aún cuando la prescripciones para medición y abono de la unidad de obra en cuestión, establecidas en este PC, prescribiesen su medición sobre planos del Proyecto.

9. RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN

9.1. RECEPCIÓN PROVISIONAL DE LAS OBRAS

Dentro de los diez (10) días siguientes a la fecha de terminación de las obras se procederá al acto de la Recepción Provisional de las mismas.

Podrán ser objeto de Recepción Provisional aquellas partes de obra que deban ser ejecutadas en los plazos parciales establecidos en el contrato.

Si se encuentran las obras en buen estado y con arreglo a las prescripciones previstas, el Director de las mismas las dará por recibidas provisionalmente y se entregarán al uso publico o servicio correspondiente.

La Recepción Provisional se formalizará mediante un Acta que será firmada por el Director y el Contratista.

El plazo de garantía comenzará el día siguiente al de la firma del Acta de Recepción Provisional.

En los casos en que haya lugar a Recepciones Provisionales parciales, el plazo de garantía de las partes recibidas comenzará a contarse desde la fecha de las respectivas Recepciones Provisionales Parciales.

9.2. MEDICIÓN GENERAL

El Director citará al Contratista, o a su Delegado, fijando la fecha en que, en función del plazo establecido para la liquidación provisional de la obra ejecutada, ha de procederse a su medición general.

El Contratista, o su Delegado, tiene la obligación de asistir a la toma de datos y realización de la medición general que efectuará la Dirección. Si por causas que le sean imputables, no cumple tal obligación no podrá realizar reclamación alguna en orden al resultado de aquella medición ni acerca de los actos de la Administración que se basen en tal resultado, sino previa la alegación y justificación fehaciente de inimputabilidad de aquellas causas.

Para realizar la medición general se utilizaran como datos complementarios la comprobación del replanteo, los replanteos parciales y las mediciones efectuadas durante la ejecución de la obra, el libro de órdenes y cuantos otros estimen necesarios el Director y el Contratista.

Las reclamaciones que estime necesario hacer el Contratista contra el resultado de la medición general las dirigirá por escrito a la Administración por conducto del Director, el cual las elevará a aquel con su informe.

9.3. LIQUIDACIÓN DE LAS OBRAS

El Director formulará la liquidación de las obras aplicando al resultado de la medición general los precios y condiciones económicas del Contrato.

Los reparos que estime oportuno hacer el Contratista, a la vista de la liquidación, los dirigirá por escrito a la Administración en la forma establecida en el ultimo párrafo del apartado anterior, y dentro del plazo reglamentario, pasado el cual se entenderá que se encuentra conforme con el resultado y detalles de la liquidación.

PRESUPUESTO

El estudio económico tiene por objeto determinar los costes globales del proceso. Ésto implica determinar el coste de compra de los equipos principales, los costes totales directos de la planta, los costes totales indirectos, otros costes, que ya se verán cuales son, las horas de trabajo necesarias y el consumo de electricidad.

CAPÍTULO 1. COSTE DE COMPRA DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES (TEPC) .

Es el precio de venta de los equipos principales. No incluye ítems como tasas, seguros, entrega ni instalación.

Los equipos comprados son:

- * Pozos de extracción (x3): 1200 €.
- * Ciclón: 3000 €.
- * Filtro de mangas: 27000 €.
- * Ventilador (x2): 2800 €.

Se ha incluido dos ventiladores por si se da la necesidad de tener que reemplazar el que esté funcionando por alguna avería.

La suma de las cifras anteriores da el coste de compra de los equipos, que asciende a **34000 €**

CAPÍTULO 2. COSTES TOTALES DIRECTOS DE LA PLANTA (TPDC).

Los costes totales directos de la planta incluyen, además del coste de compra de equipos, los costes de instalación, el piping, la instrumentación, el aislamiento, la electrificación, costes de edificación, costes de mejora del terreno, los medios auxiliares y el sistema de adsorción.

Los **costes de instalación** se refieren a la erección del equipo en el lugar específico de la planta, e incluye costes de fundación, entablado, apoyos o soportes y servicios locales de los equipos. Se usa un factor específico para cada equipo para estimar los costes de instalación de cada unidad.

Para el actual proyecto tenemos lo siguiente:

- * Pozos de extracción (4 x PC (coste compra)) = 4800 €.
- * Ciclón (0.5 x PC) = 1500 €.
- * Filtro de mangas (1.5 x PC) = 40500 €.
- * Ventilador (0.5 x PC) = 1400 €.

Los **costes de instalación** hacen un total de **48200 €**

El **piping** incorpora el sistema de tuberías de la planta que conecta los equipos. Incluye las válvulas, el sopote de las tuberías y otros ítems asociados con el equipamiento de las tuberías. El coste del piping del sistema se estima multiplicando TEPC por el factor 0.35. Para nuestro caso obtendremos un coste de **11900 €**

Los **costos de instrumentación** incluyen los transmisores y controladores, con el cableado y el entubado requeridos para su instalación, sala para los paneles de control, alarmas y paneles anunciadores, instrumentos de indicación tanto en planta como en la sala de control, analizadores en las líneas, computadoras de control y unidades locales de procesado de datos y pantallas gráficas de la sala de control. Los costos de instrumentación se estiman multiplicando TEPC por el factor 0.4, lo que nos conduce a un coste de **13600 €**

Los **costes de aislamiento** se refieren al aislamiento propiamente dicho y a la pintura. Para estimar estos costos multiplicamos el factor 0.04 por TEPC, dando una cifra de **1020 €**

Los **costes eléctricos** incluyen los cableados y las conducciones, sistema de control de los motores, sistemas de potencia de emergencia y alumbrado. Se multiplica por 0.1 el valor de TEPC, resultando **3400 €**

La **edificación** se refiere las superficies de concreto, escaleras, pasarelas, salas de control y otras salas auxiliares, oficinas y almacén. Multiplicamos TEPC por 0.45 obteniendo **15300 €**

La **mejora del terreno** contiene los gastos de excavación, nivelación, calles o caminos, vallas, hidrantes contra el fuego, espacios para parking y otros. Estos costos se obtienen de multiplicar el factor 0.15 por TEPC, dando como resultado **5100 €**

Los **medios auxiliares** son procesos satélite orientados a facilitar servicios vitales a la propia instalación, como una planta de generación de vapor o para nuestro caso el coste generado en eliminar los residuos. El coste se obtiene de $0.4 \times \text{TEPC} = 13600 \text{ €}$

El **sistema de adsorción** se refiere al proceso de eliminación de los hidrocarburos mediante los recipientes de carbón activo que suministra una empresa externa y cuyos costes vienen de la multiplicación del número de recipientes necesarios para recuperar nuestro terreno por el coste de cada recipiente incluidos en éstos los sistemas que construye y facilita la empresa. Ésto es $300 \text{ €/recipiente} \times 122 \text{ recipientes} = \mathbf{36600 \text{ €}}$

La suma de todo esto nos proporciona unos costes totales directos de la planta (TPDC) de **182720 €**

CAPÍTULO 3. COSTES TOTALES INDIRECTOS DE LA PLANTA (TPIC) Y COSTES TOTALES DE LA PLANTA (TPC).

Los costes totales indirectos de la planta están formados por la ingeniería y la construcción.

En **ingeniería** está incluido la preparación del documento del proyecto, diseño de los equipos, hojas de especificaciones de los equipos, instrumentación, auxiliares, etc, diseño del software del control lógico, preparación de planos y otros. Es coste en ingeniería se obtiene de multiplicar el factor 0.25 por los costes totales directos de la planta (TPDC), resultando **45680 €**

Los costes en **construcción** son los costes asociados con la organización de los esfuerzos para la construcción total. No incluye los costos de los operarios de la construcción. Los costes de construcción se estiman multiplicando el factor 0.35 por TPDC, dándonos un valor de **63952 €**

Los **costes totales indirectos** son la suma de los anteriores, que resulta ser de **109632 €**

Los **costes totales de la planta** son la suma de los costes directos y los costes indirectos, que da como resultado **292352 €**

CAPÍTULO 4. CAPITAL FIJO DIRECTO (DFC).

El capital fijo directo está formado por está formado por los costes totales de la planta (TPC), ya calculado, más otros costes (OC), de los que forman parte los honorarios de los contratistas y las contingencias.

Los **honorarios de los contratistas** se obtienen de multiplicar los costes totales de la planta por el factor 0.05, ascendiendo a una cantidad de **14618 €**

El coste en **contingencias** es una cantidad de dinero que se tiene que tener en cuenta ya que siempre se producen sobre todo en las primeras semanas de operación. Los costes en contingencias se estiman multiplicando el valor del coste total de la planta por el factor 0.1, dando como resultado la cantidad de **29235 €**

Luego el **capital fijo directo asciende** a la cantidad de **336205 €**

CAPÍTULO 5. COSTE TOTAL APROXIMADO.

El coste total aproximado es la suma del capital fijo directo más las horas de trabajo de los operarios necesarias para el correcto funcionamiento de la planta más el consumo eléctrico de los equipos.

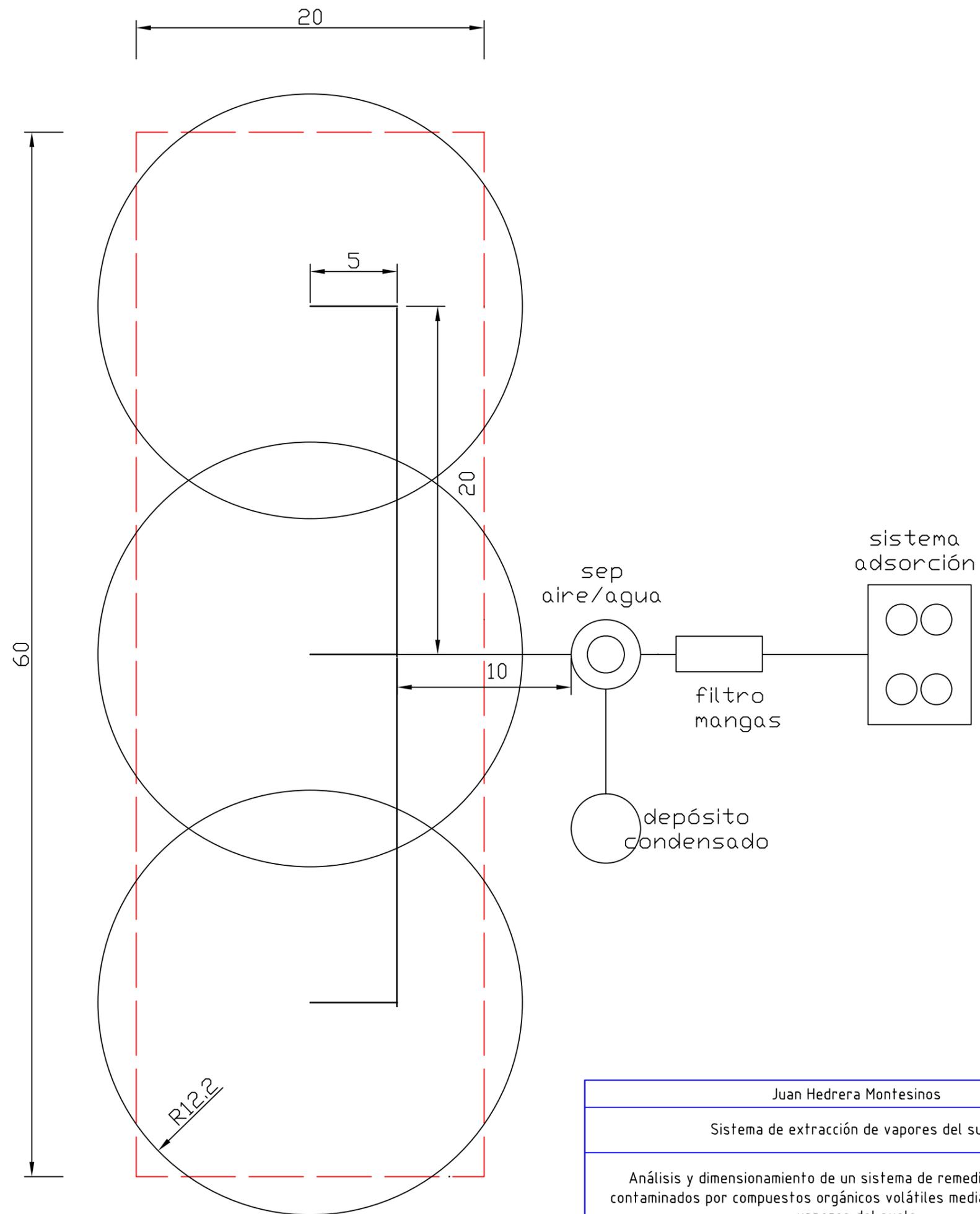
En nuestro caso vamos a necesitar 2400 h de trabajo de los operarios, lo que supone un gasto de 36000 €, y necesitaremos un gasto eléctrico de 21047 €. Estos costes están mejor explicados en la Tabla P-1. Presupuesto.

Con todo esto el **coste total aproximado** asciende a **393252 €**

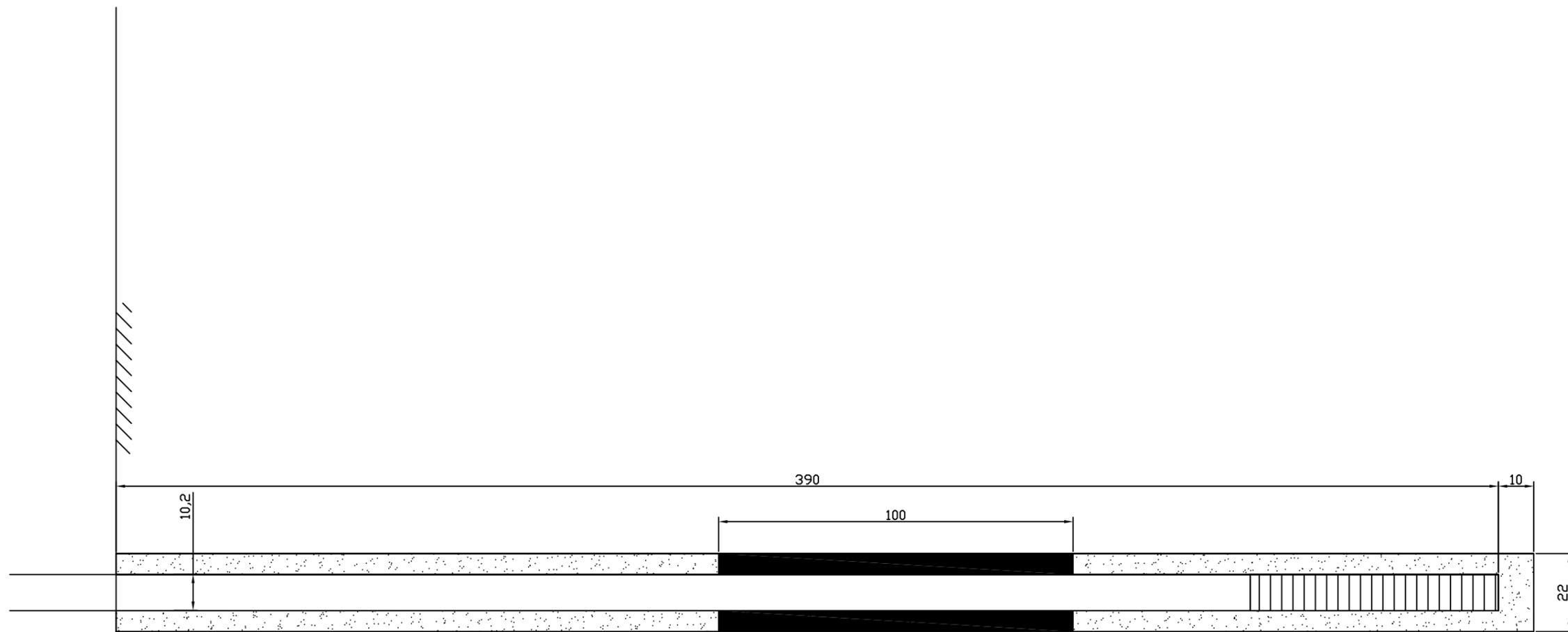
ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE REMEDIACION DE SUELOS
CONTAMINADOS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES MEDIANTE EXTRACCIÓN
DE VAPORES DEL SUELO.

COSTE DE COMPRA DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES (€)				COMENTARIOS
Pozos de extracción (x3)			1200	2 unid. 1400€/unid TEPC
Ciclón			3000	
Filtro de mangas			27000	
Ventilador			2800	
Coste de compra de equipos (TEPC)			34000	
SUMARIO DEL CAPITAL FIJO ESTIMADO (€)				
A. Costes totales directos de la planta				TPDC
1. Coste de compra de equipos			34000	
2. Instalación				
Pozos de extracción			4800	4*coste compra
Ciclón			1500	0,5*coste compra
Filtro de mangas			40500	1,5*coste compra
Ventilador			1400	0,5*coste compra
	Total		48200	
3. Piping			11900	0,35*TEPC
4. Instrumentación			13600	0,40*TEPC
5. Aislamiento			1020	0,04*TEPC
6. Electrificación			3400	0,1*TEPC
7. Edificación			15300	0,45*TEPC
8. Mejora del terreno			5100	0,15*TEPC
9. Medios auxiliares			13600	0,4*TEPC
10. Sistema de adsorción			36600	coste recipientes*unidades
	TPDC		182720	
B. Costes totales indirectos de la planta				TPIC
11. Ingeniería			45680	0,25*TPDC
12. Construcción			63952	0,35*TPDC
	TPIC		109632	
C. Costes totales de la planta (TPC)				TPDC+TPIC
D. Otros costes (OC)				
13. Honorarios de los contratistas			14618	0,05*TPC
14. Contingencias			29235	0,1*TPC
	OC		43853	
E. Capital fijo directo				TPC+OC
DFC			336205	
Horas de trabajo necesarias (h)			2400	100días*24h/día
Coste de cada hora (€/h)			15	
Total coste horas de trabajo (€)			36000	
Consumo en electricidad				
	Potencia	kWh	Coste	100días*24h/día
Ciclón	0,3	720	62,64	0,087 €/kWh
Filtro de mangas	85,5	205200	17852,4	
Ventilador	15	36000	3132	1 unid. 15kW/unid
	Total		21047,04	
COSTE TOTAL APROXIMADO			393252	€

Tabla P-1. Presupuesto.



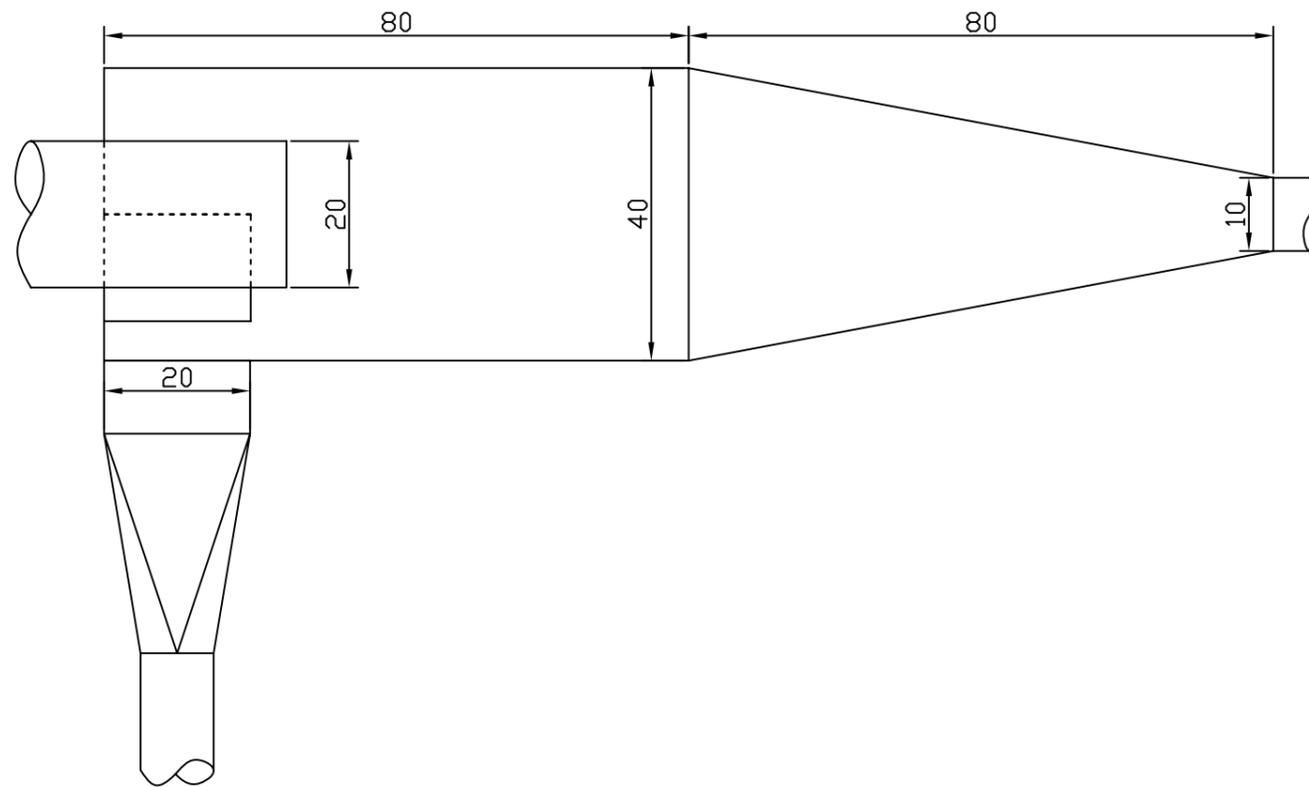
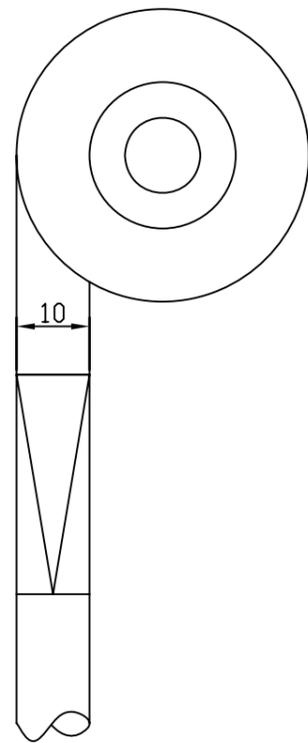
Juan Hedrera Montesinos		Plano 1/6	
Sistema de extracción de vapores del suelo		Fecha junio 2006	Escala no metros
Análisis y dimensionamiento de un sistema de remediación de suelos contaminados por compuestos orgánicos volátiles mediante extracción de vapores del suelo		Firma	



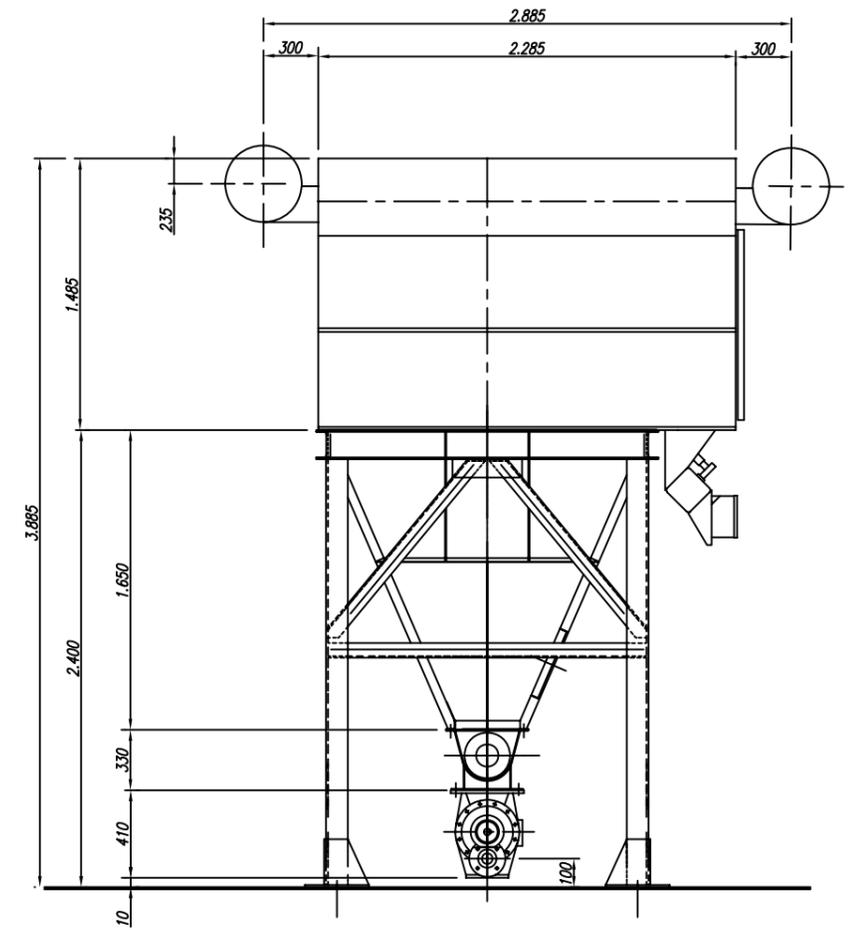
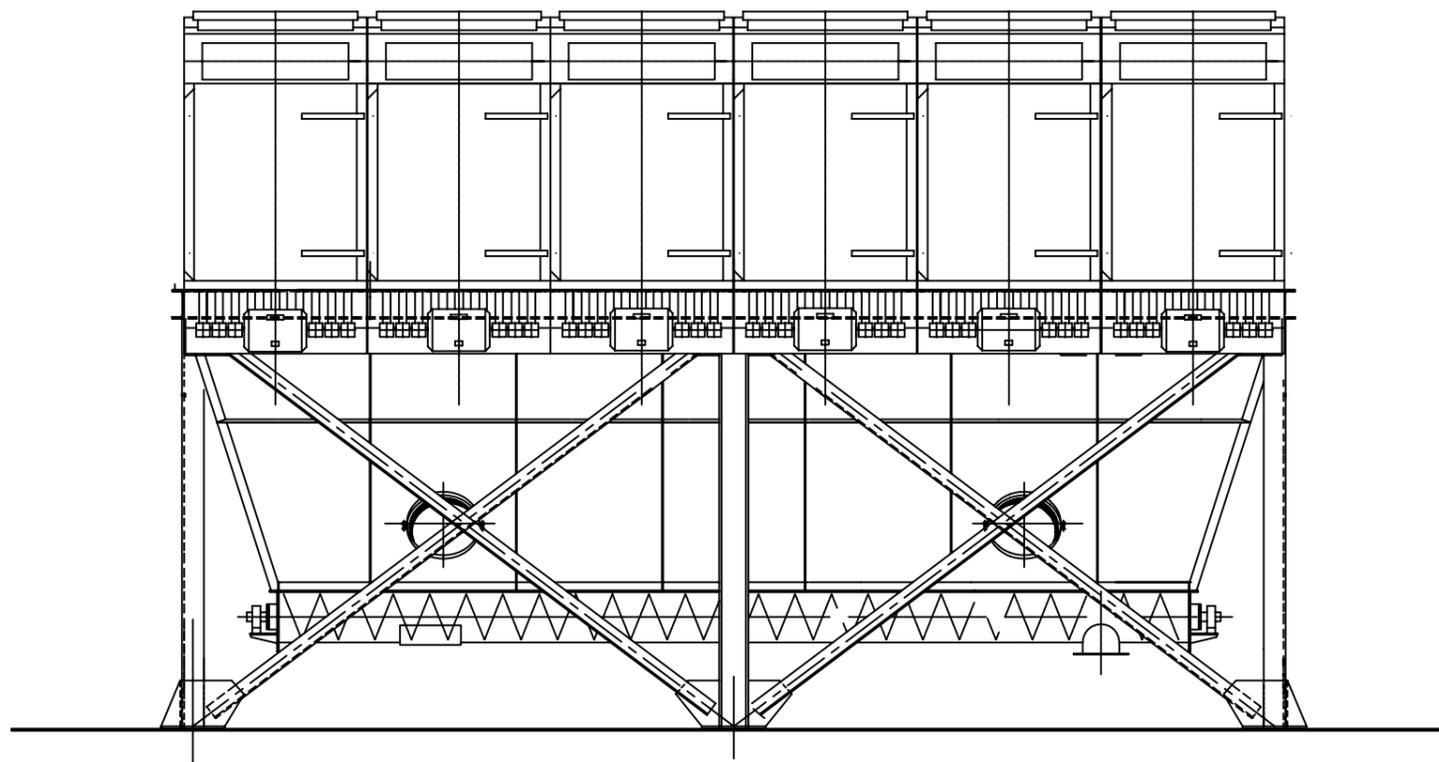
mortero de
cemento y
bentonita

sello de
bentonita

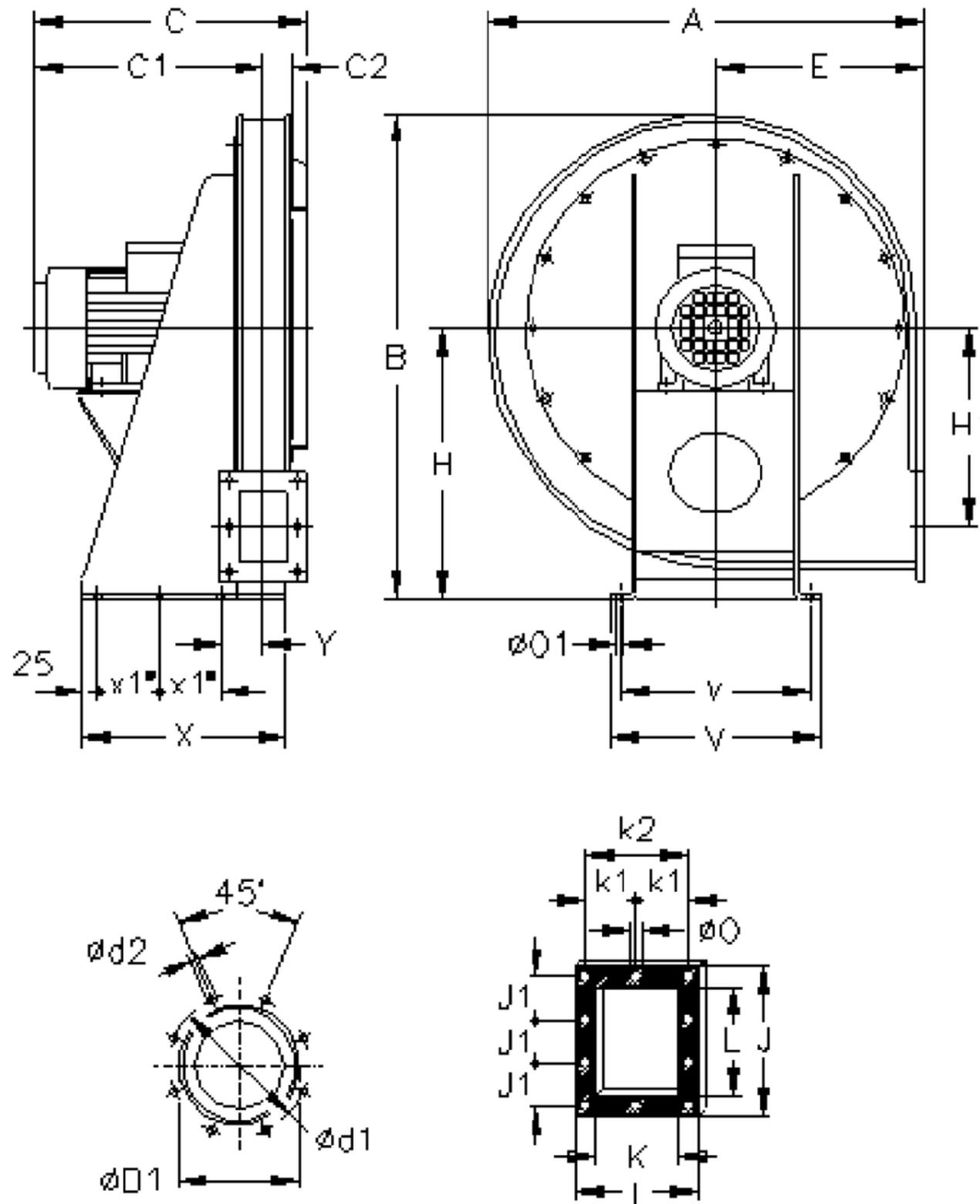
Juan Hedrera Montesinos		Plano 2/6	
Pozo de extracción de vapores del suelo		Fecha junio 2006	Escala 1/10
Análisis y dimensionamiento de un sistema de remediación de suelos contaminados por compuestos orgánicos volátiles mediante extracción de vapores del suelo		Firma	



Juan Hedrera Montesinos		Plano 3/6	
Ciclón		Fecha junio 2006	Escala 1/10
Análisis y dimensionamiento de un sistema de recuperación de suelos contaminados por compuestos orgánicos volátiles mediante extracción de vapores del suelo.			Firma

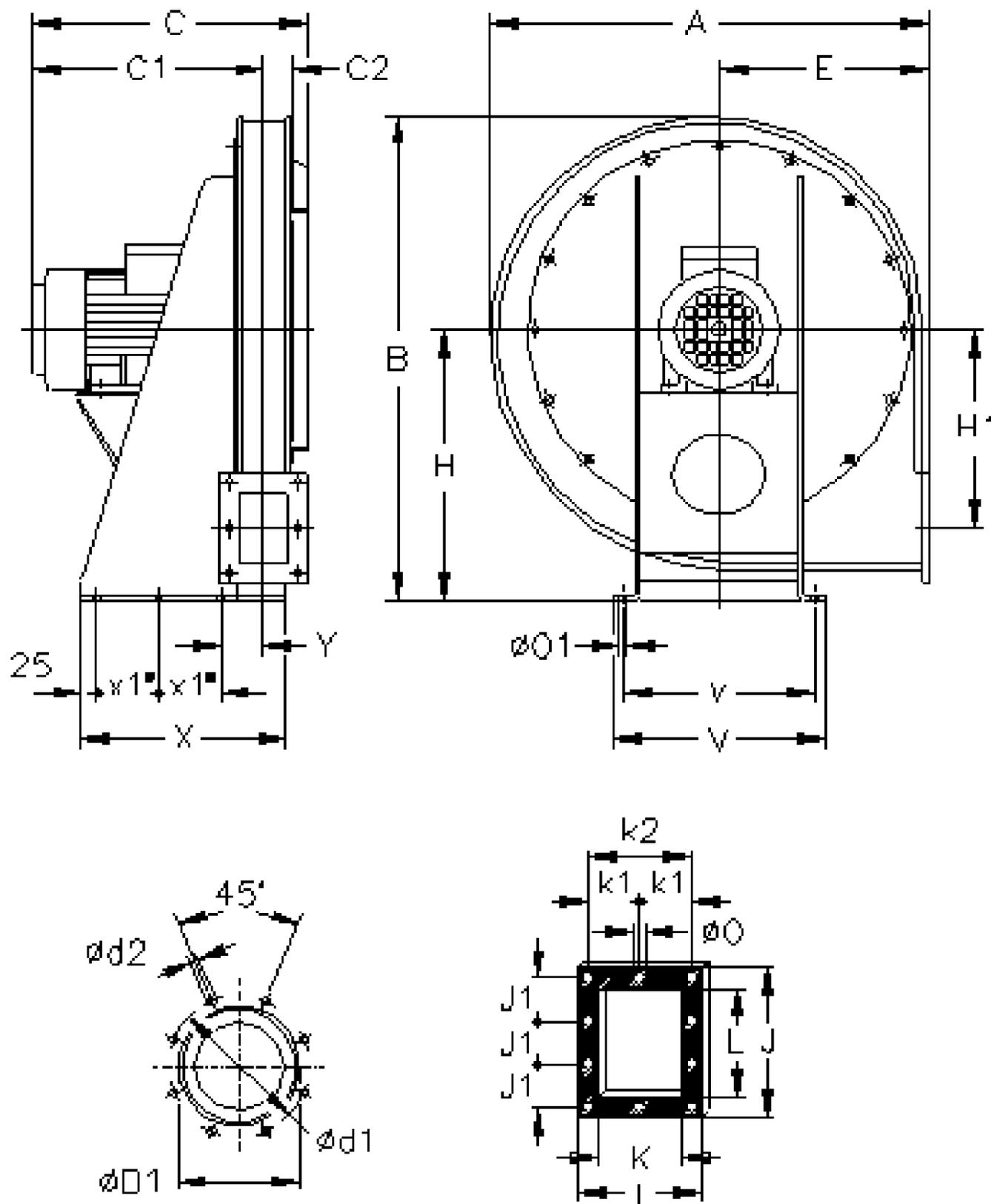


Juan Hedrera Montesinos	Plano 4/6	
Filtro de mangas	Fecha junio 2006	Escala 1/20
Análisis y dimensionamiento de un sistema de remediación de suelos contaminados por compuestos orgánicos volátiles mediante extracción de vapores del suelo		Firma



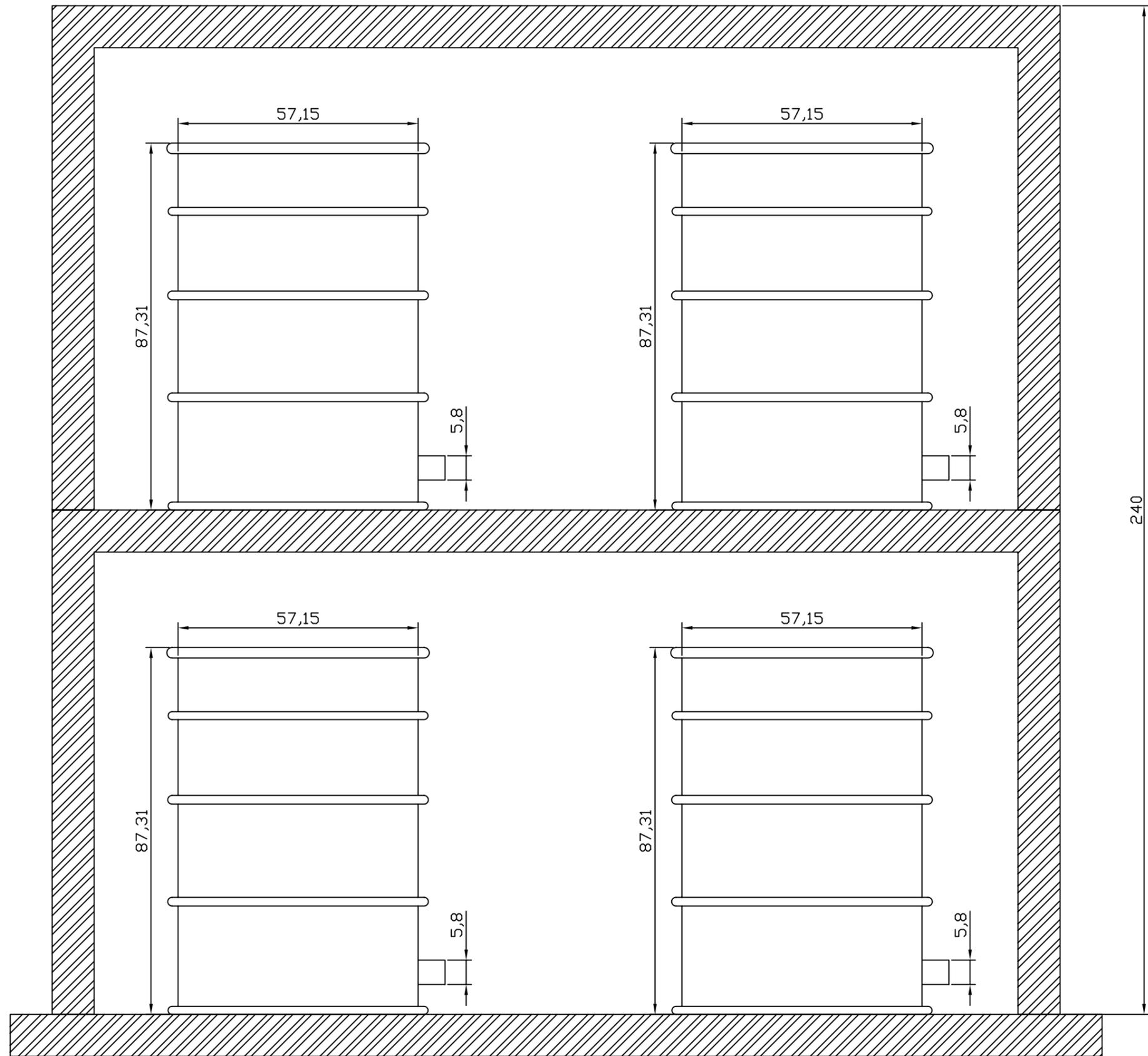
Dim.	Valor(mm)
A	873
B	995
C	728
C1	585
C2	103
D1	355
DE1	410
DE2	M,8
E	410
H	560
H1	325
I	260
J	375
J1	87,5
K	200
K1	117,5
K2	
L	315
O	11
O1	14
V	430
VE	400
X	410
X1	180
Y	132

Juan Hedrera Montesinos		Plano 5/6	
Ventilador de extracción de vapores		Fecha junio 2006	Escala sin escala
Análisis y dimensionamiento de un sistema de remediación de suelos contaminados por compuestos orgánicos volátiles mediante extracción de vapores del suelo			Firma



Dim.	Valor(mm)
A	873
B	995
C	728
C1	585
C2	103
D1	355
DE1	410
DE2	M,8
E	410
H	560
H1	325
I	260
J	375
J1	87,5
K	200
K1	117,5
K2	
L	315
O	11
O1	14
V	430
VE	400
X	410
X1	180
Y	132

Juan Hedrera Montesinos		Plano 5/6	
Ventilador de extracción de vapores		Fecha junio 2006	Escala sin escala
Análisis y dimensionamiento de un sistema de remediación de suelos contaminados por compuestos orgánicos volátiles mediante extracción de vapores del suelo		Firma	



Juan Hedrera Montesinos		Plano 6/6	
Sistema de adsorción		Fecha junio 2006	Escala no centímetros
Análisis y dimensionamiento de un sistema de remediación de suelos contaminados por compuestos orgánicos volátiles mediante extracción de vapores del suelo			Firma

