

UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA

ESCOLA D'ENGINYERIA



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CFC-13

PROYECTO FINAL DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

TUTOR: JOSEP HUIX VIDAL



EDUARD CACHÀ

IRENE DEL POZO

ELENA ILZARBE

SARA ORTEGO

POLINA TSVETKOVA

CERDANYOLA DEL VALLÈS, JUNIO 2015

CAPÍTULO 6. MEDIO AMBIENTE

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CFC-13



CAPÍTULO 6. MEDIO AMBIENTE

6.1. INDUSTRIA QUÍMICA Y MEDIO AMBIENTE.....	6-2
6.2. GESTIÓN AMBIENTAL DE LA PLANTA	6-2
6.2.1. POLÍTICA AMBIENTAL DE LA PLANTA.....	6-3
6.2.2. RESPONSABILIDAD SOCIAL DE LA EMPRESA Y SISTEMAS DE GESTIÓN MEDIAMBIENTAL.....	6-4
6.2.3. IMPLEMENTACIÓN DEL REGLAMENTO EMAS.....	6-6
6.2.4. NORMATIVA GESTIÓN MEDIAMBIENTAL APLICABLE	6-7
6.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	6-8
6.3.1. IDENTIFICACIÓN Y MEDIDAS PREVENTIVAS O TRATAMIENTO DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	6-9
6.3.1.1. EMISIONES ATMOSFÉRICAS.....	6-10
6.3.1.2. EMISIONES LÍQUIDAS.....	6-19
6.3.1.3. RESIDUOS SÓLIDOS.....	6-26
6.3.1.4. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA Y LUMÍNICA	6-29
6.3.2. CUADRO RESUMEN DE LOS IMPACTOS Y MEDIDAS PREVENT. Y CORRECTORAS..	6-32
6.3.3. NORMATIVA	6-34
6.4. BIBLIOGRAFÍA.....	6-38

6. MEDIO AMBIENTE

6.1. INDUSTRIA QUÍMICA Y MEDIO AMBIENTE

El Medio Ambiente se ha convertido en un elemento más de la gestión de la empresa. Esto es así, debido a que el Medio Ambiente resulta muy afectado por la contaminación procedente de las actividades industriales. Los impactos ambientales de cualquier actividad productiva se pueden dar como consecuencia del proceso de entrada de recursos (consumo de productos, agua, energía, etc.), del proceso de salida (contaminación y residuos) o se deben directamente a la acción de la actividad sobre el territorio en que se realiza (impactos sobre el espacio).

La industria química, como actividad productiva con gran impacto ambiental al consumir numerosos recursos naturales y generar grandes cantidades de residuos (Commission of the European Communities, 2001), debe hacer un esfuerzo para disminuir sus efectos sobre el medio.

La preocupación por el desarrollo sostenible obliga a las empresas a cumplir no sólo los requisitos de la legislación, sino a considerar el Medio Ambiente como un instrumento de competitividad para mantener y mejorar su posición estratégica en un mercado cada vez más exigente. Cabe señalar que esta inclusión del Medio Ambiente en la gestión de la empresa se debe principalmente a tres factores: la exigencia social, la normativa y la economía.

La construcción de una planta química de las características expuestas a lo largo del proyecto comporta un elevado riesgo para el medio ambiente. En el presente capítulo se detallan las actuaciones a realizar por parte de la empresa, el análisis de los posibles focos de contaminación y los procesos y equipos para minimizarla.

6.2. GESTIÓN AMBIENTAL DE LA PLANTA

La finalidad de la planta química proyectada es la producción de CFC-13 aunque, y debido al proceso de fabricación propuesto, se obtiene también HCl tanto anhidro como en solución al 36%. Por ello, la actividad de la planta queda clasificada según la Ley 20/2009, del 4 de diciembre, de prevención y control de las actividades, como Anexo I.1, categoría 5.1.f *Instalación química para la fabricación de productos*

químicos orgánicos de base, en particular hidrocarburos halogenados y categoría 5.2.b Instalación química para la fabricación de productos químicos inorgánicos de base, como ácidos, en particular ácido crómico, ácido fluorhídrico, ácido fosfórico, ácido nítrico, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico y los ácidos sulfurados.

La inclusión en este anexo (actividad productiva con elevado potencial de incidencia ambiental) le hace estar sometida al régimen de evaluación de impacto ambiental y de autorización ambiental, sujeta a la Directiva 96/61/CE del Consejo, del 24 de septiembre de 1996, de prevención y control integrados de la contaminación. Así pues, se deberá solicitar la correspondiente autorización ambiental de la actividad de la planta propuesta, así como los cambios y revisiones futuras de ésta, a la Oficina de Gestión Ambiental Unificada de la Generalitat de Catalunya (OGAU) que integra todos los vectores ambientales.

La finalidad de la Autorización Ambiental es prevenir y reducir en origen las emisiones a la atmósfera, agua y suelo que produce la actividad y fijar las condiciones para gestionar correctamente estas emisiones, además de tomar en consideración el consumo de recursos naturales y energía, y, particularmente, mediante la aplicación de las mejores técnicas disponibles (MTD) (Art. 13 de la Ley 20/2009).

La actividad de la planta estará sometida a un control ambiental inicial previo a la puesta en funcionamiento y a controles ambientales periódicos posteriores, para garantizar su adecuación permanente a las determinaciones ambientales legales y a las determinaciones fijadas específicamente en la Autorización Ambiental. Será en ésta donde se establecerá el régimen de control inicial y la modalidad, los plazos y los contenidos de los controles periódicos, al que se somete el ejercicio de la actividad. Generalmente, para actividades como la de la planta proyectada incluidas en el anexo I.1 el plazo para la realización de controles periódicos es de dos años.

6.2.1. POLÍTICA AMBIENTAL DE LA PLANTA

La planta basará su crecimiento industrial en el principio de desarrollo sostenible. Es decir, en la utilización de tecnologías limpias que permitan minimizar el uso de recursos naturales y la emisión de residuos, para la preservación de la naturaleza y existencia de recursos para las generaciones futuras.

Los objetivos principales y compromisos de la empresa frente al impacto ambiental deberán ser:

- La mejora continua del sistema de gestión encaminada a la reducción del impacto ambiental del proceso.
- La prevención de la contaminación mediante el uso de procesos, prácticas, materiales o productos que la eviten, reduzcan o controlen.
- La reducción en origen de residuos y emisiones contaminantes como primera opción, en segundo lugar reciclado o reutilización, finalmente la disposición para la recuperación energética o eliminación.
- La adopción del Compromiso de Progreso de la Federación de Industrias Químicas (Responsible Care). El programa Responsible Care es una iniciativa global y voluntaria de la industria química cuyo objetivo es lograr que las empresas adheridas a éste, en el desarrollo de sus actividades, mejoren continuamente la Seguridad, la Protección de la Salud y el Medio Ambiente de acuerdo a los principios del Desarrollo Sostenible (Feique, Programa Responsible Care).



Figura 6-1 Logotipo de Responsible Care

6.2.2. RESPONSABILIDAD SOCIAL DE LA EMPRESA Y SISTEMAS DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Para lograr los objetivos anteriormente descritos es necesario un modelo de gestión empresarial comprometido social y ambientalmente. Este modelo de gestión es lo que se conoce como Responsabilidad Social Empresarial (RSE). La Comisión Europea definió en el Libro Verde el concepto de RSE como “la integración voluntaria, por parte de las empresas, de las preocupaciones sociales y medioambientales en sus operaciones comerciales y sus relaciones con sus interlocutores” (Commission of the European Communities, 2001).

La RSE se refiere a las acciones de las empresas que van más allá de sus obligaciones jurídicas hacia la sociedad y el medio ambiente. Para la competitividad de

las empresas es cada vez más importante un enfoque estratégico sobre la RSE. Este puede reportar beneficios en cuanto a gestión de riesgos, ahorro de costes, acceso al capital, relaciones con los clientes, gestión de los recursos humanos y capacidad de innovación (Commission of the European Communities, 2008). La RSE no debe ser independiente de la estrategia de negocio, sino que los dos elementos deben de estar integrados. La implantación de prácticas socialmente responsables aporta beneficios tanto a nivel interno como externo, y en los ámbitos social, económico y ambiental (Departamento Medio Ambiente y Vivienda, 2007).

Uno de los ámbitos de la RSE es el ambiental y una de las herramientas que se pueden usar para alcanzar la dimensión ambiental es la aplicación de un Sistema de Gestión Medioambiental (SGMA).

Los SGMA ayudan a la empresa a mejorar la eficiencia de sus recursos, reducir riesgos y dar ejemplo con la declaración pública de buenas prácticas. Las dos herramientas para la implementación de un SGMA más conocidas son el registro en el Reglamento Comunitario de Ecogestión y Ecoauditoría (EMAS, siglas en inglés) y el uso de la guía según la norma ISO 14001. Los dos sistemas son similares, aunque el Reglamento EMAS tiene mayor grado de compromiso y exigencia, aún y tener un ámbito europeo y no internacional como la ISO 14001.

Los costes de implementación del SGMA quedan compensados por los ahorros que genera. En el año 2009, la Comisión Europea llevó a cabo un estudio de los costes y beneficios que supone el registro en el EMAS. Tal como se puede observar en la Figura 6-2, el mayor beneficio conseguido es en el área del “Ahorro de energía y recursos” (21%), seguido de la “reducción de incidentes negativos” y de la “mejora de las relaciones con las partes interesadas” (17%) (DG Environment of the European Commission, 2009).

Otro beneficio de estar inscrita en el registro EMAS es que las actividades quedan exentas de control periódico, a excepción de los controles específicos de determinadas emisiones en los que se hayan establecido plazos particulares.

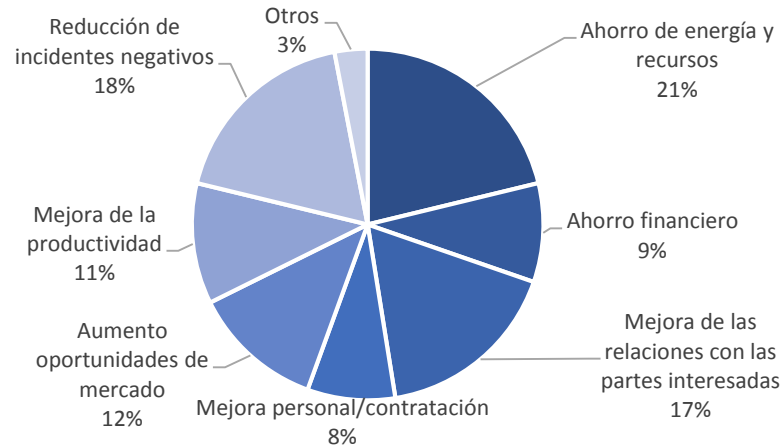


Figura 6-2 Beneficios identificados de la implementación de un EMAS. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Comisión Europea

6.2.3. IMPLEMENTACIÓN DEL REGLAMENTO EMAS

Como la planta de producción de CFC-13 proyectada se sitúa en territorio europeo, se propone la inclusión en el Reglamento EMAS. Para la implementación del EMAS se deberá seguir el procedimiento detallado a continuación.

1. Elaboración de un análisis ambiental por parte de la organización de la planta. En éste se deberán identificar los aspectos ambientales directos e indirectos pertinentes y la legislación aplicable de todas las actividades que se realicen en la planta proyectada.
2. Implementación de un SGMA de acuerdo con los requisitos de la norma ISO 14001 (anexo II del Reglamento del EMAS).
3. Comprobación del SGMA mediante auditorías internas y revisiones realizadas por la dirección de la planta.
4. Redacción de la declaración ambiental EMAS por parte de la organización.
5. Comprobación y validación del análisis ambiental, el SGMA y la declaración medioambiental por un verificador del EMAS acreditado.
6. Presentación de la solicitud de registro al organismo competente, después de la validación.

La declaración ambiental es una de las características únicas del EMAS frente a otros sistemas de gestión ambiental. De cara al público, la declaración afirma el compromiso de la organización de adoptar acciones en materia de medio ambiente. Para la organización, constituye una buena oportunidad de declarar lo que está haciendo para mejorar el medio ambiente.

6.2.4. NORMATIVA GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL APLICABLE

Normativa catalana

- Ley 20/2009, de prevención y control ambiental de actividades.
- Orden MAH/611/2010, de 23 de diciembre, de tramitación electrónica de los procedimientos de intervención administrativa de actividades del anexo I de la Ley 20/2009, de 4 de diciembre, de prevención y control ambiental de actividades.
- Decreto 115/1996, de 2 de abril de designación del organismo competente previsto en el Reglamento CE 1836/1993, del Consejo, de 29 de junio, relativo a auditorías medioambientales y determinación de las actuaciones para la designación de la entidad de acreditación de verificadores medioambientales.

Normativa estatal

- Ley 5/2013, de 11 de junio, que modifica la Ley 16/2002.
- Real Decreto 2200/1995 de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial.
- Real Decreto 239/2013 de 5 de abril, por el que se establecen las normas para la aplicación del Reglamento (CE) n.º 1221/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de noviembre de 2009, relativo a la participación voluntaria de organizaciones en un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS), y por el que se derogan el Reglamento (CE) n.º 761/2001 y las Decisiones 2001/681/CE y 2006/193/CE de la Comisión.
- Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, que desarrolla la Ley 16/2002, de prevención y control integrado de la contaminación.

Normativa europea

- Reglamento (CE) nº 1221/2009 del Parlamento europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2009, relativo a la participación voluntaria de organizaciones en un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS), y por el cual se derogan el Reglamento (CE) 761/2001 y las Decisiones 2001/681/CE y 2006/193/CE de la Comisión (conocido también como «EMAS III»).
- Decisión 2011/832/UE de la Comisión de 7 de diciembre de 2011, relativa a una guía sobre el registro corporativo de organizaciones de la UE, de terceros países y de ámbito mundial, de acuerdo con el Reglamento (CE) nº. 1221/2009 del

Parlamento europeo y del Consejo, relativo a la participación voluntaria de organizaciones en un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS).

- Decisión 2013/131/UE de la Comisión de 4 de marzo de 2013, por la cual se establece la Guía del usuario en la cual figuran los pasos necesarios para participar en el EMAS de acuerdo con el Reglamento (CE) nº. 1221/2009 del Parlamento europeo y del Consejo, relativo a la participación voluntaria de organizaciones en un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS).

6.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Como se ha comentado anteriormente, la actividad que desarrolla la planta está clasificada como una actividad con elevado potencial de incidencia ambiental. La inclusión en el anexo I.1 hace que esté obligada a realizar una evaluación del impacto ambiental (EIA).

El estudio de impacto ambiental o EIA es un instrumento preventivo para evaluar antes que se ejecute el proyecto su posible impacto sobre el medio y las personas. Se diferencian de los estudios de riesgo, ya que estos se realizan una vez iniciada la actividad, y de los SGMA, los cuales establecen una política ambiental de las actividades y su procedimiento de gestión.

El objetivo de la EIA es evaluar la capacidad que tiene el entorno para soportar la actividad prevista considerando diversas alternativas. La evaluación de los impactos se hace mediante cuatro categorías: compatible, moderado, severo y crítico, según la afección que tenga el proyecto. Siempre que el proyecto planteado se sitúe dentro de las tres primeras categorías se podrá llevar a cabo, si por el contrario se clasifica como crítico deberá ser descartado.

La normativa vigente establece que un EIA debe contener, como mínimo, los siguientes apartados de acuerdo con el RD 1131/1988 y el Decreto 114/1988:

- Descripción del proyecto y sus acciones. Relación de todas las acciones inherentes del proyecto susceptibles de producir un impacto sobre el medio ambiente. Descripción de los materiales y recursos naturales utilizados, cantidad y composición de los residuos, vertidos y emisiones.

- Exposición de las principales alternativas consideradas y estudiadas. Justificación de la solución adoptada en función de los efectos ambientales.
- Estudio del estado del lugar y de sus condiciones ambientales antes de la realización de las obras.
- Evaluación de los efectos previsibles del proyecto sobre la población, la fauna, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el paisaje y los bienes materiales (patrimonio arquitectónico y arqueológico) durante la fase de construcción, explotación y demolición.
- Medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales significativos.
- Programa de vigilancia ambiental.
- Documento de síntesis y conclusiones obtenidas.

La realización completa del EIA de la planta de producción de CFC-13 queda fuera del alcance del presente proyecto. Aún así, a continuación se detallan los impactos más significativos que pueden darse en la fase de explotación, así como las medidas para mitigarlos y el tratamiento propuesto para su gestión. La minimización de estos impactos se consigue gracias a la implantación de un buen sistema de seguridad, como el detallado en el capítulo 5 del presente proyecto.

6.3.1. IDENTIFICACIÓN Y MEDIDAS PREVENTIVAS O TRATAMIENTO DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Se entiende como impacto ambiental el efecto que produce una determinada actividad sobre el medio ambiente. La operación normal de la planta proyectada genera unas emisiones ya sean gaseosas, líquidas o sólidas que provocan dicha afección.

Hay que tener en cuenta que la operación de la planta genera residuos y subproductos que, debido a sus propiedades físicas o toxicológicas, pueden requerir un tratamiento previo antes de la gestión externa o disposición final.

A continuación se identifican las emisiones y efluentes capaces de generar un impacto ambiental negativo. Se detallan también algunas de las medidas preventivas aplicadas en cada caso.

6.3.1.1. EMISIONES ATMOSFÉRICAS

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

- Emisiones procedentes del venteo normal y de emergencia

Las emisiones atmosféricas que se pueden dar en la planta de producción de CFC-13 diseñada son las procedentes de los sistemas de venteo de los diferentes equipos, ya sean tanques de almacenamiento, depósitos, columnas o reactores.

La mayoría de equipos que disponen de este sistema de alivio o mantenimiento de presión son los equipos de almacenamiento. Durante el almacenamiento es necesario tomar medidas de prevención y control para evitar daños en la salud de los trabajadores e impactos negativos en el medio ambiente.

Las principales causas por las que los tanques atmosféricos de techo fijo pueden liberar emisiones gaseosas a través del sistema de venteo son las pérdidas por respiración y por trabajo (Ministerio de Agricultura, Alimentación y MA, 2013).

Las pérdidas por trabajo son la combinación de las pérdidas durante el llenado y durante el vaciado. Durante las operaciones de llenado se producen emisiones como resultado de un aumento del nivel de líquido en el tanque; a medida que aumenta el nivel de líquido, la presión dentro del tanque supera la presión de escape y se expulsa vapor. También se producen emisiones durante el vaciado cuando el aire que entra en el tanque al retirar el líquido se satura de vapores orgánicos y se expande, con lo que supera la capacidad del espacio de vapor.

Las pérdidas por respiración están formadas por la expulsión de vapor a causa de la expansión y la compresión del vapor, provocadas por los cambios de temperatura y de presión. Estas pérdidas se producen sin cambio del nivel de líquido en el tanque.

En el caso de los tanques horizontales a presión, las únicas emisiones atmosféricas destacables durante el funcionamiento normal se producen durante el drenaje.

En el resto de los equipos de proceso (depósitos, reactores y columnas), como operan en estado estacionario, la variación de nivel es mínima. Esto hace que las

emisiones de gases que se den sean menores, aunque importantes en caso de accidente.

- Emisiones procedentes de la inertización del proceso

Debido a que el proceso debe darse en condiciones completamente anhidras se debe eliminar totalmente el aire del interior de los equipos y líneas antes de iniciar el proceso, para ello es necesaria la utilización de un gas inerte como el nitrógeno.

Las emisiones producidas por este gas el cual arrastrará el aire del interior se pueden emitir directamente a la atmósfera sin tratamiento previo.

- Emisiones de la caldera

La planta dispone de una caldera de aceite térmico que usa gas natural como fuente de energía de 3,5 MWt. Aunque el gas natural como combustible es el que emite menor cantidad de contaminantes, las emisiones causadas por la combustión deben ser inferiores a las indicadas en la normativa.

Para aquellas calderas con una potencia térmica inferior a 50MWt los límites de emisión son los recogidos en el Decreto 319/1998. En la Figura 6-3 se detallan los límites aplicables a la caldera de aceite térmico de la planta proyectada.

a) Valors límit d'emissió
Tots els límits d'emissió s'expressen en mg/Nm³ i estan referits a un contingut d'oxigen del 3%.

Contaminant	Límit d'emissió	Característiques específiques de la instal·lació
Òxids de sofre (expressats com a SO ₂)	300	Instal·lacions que utilitzen gasos procedents de processos industrials
Òxids de nitrogen (expressats com a NO _x)	450	
Monòxid de carboni	100	
Compostos orgànics (expressats com a carboni orgànic total)	20	Instal·lacions que utilitzen gasos procedents de processos industrials

Figura 6-3 Valores límite de emisión de los contaminantes atmosféricos emitidos por caldera de combustible gaseoso <50MWt

- Emisiones procedentes de la ventilación de la planta

Existen áreas de la planta que están en el interior de edificios, como lo es la zona de almacenamiento de producto acabado. Se deberá velar porqué estas zonas

tengan una buena ventilación y en caso de fuga o escape, esta ventilación sea forzada hacia el exterior, evitando así la concentración de

- Emisiones procedentes del sistema de extracción localizada del laboratorio

Tanto para verificar la calidad de los productos de la planta como para asegurar el buen funcionamiento de esta es necesario realizar diversas pruebas en el laboratorio con algunos de los compuestos. Estos necesitan de un sistema de extracción localizada para captar los contaminantes y evitar que se extiendan por la sala.

TRATAMIENTO PROPUESTO

Las corrientes de gases residuales que emite la planta pueden afectar a la calidad del aire, por lo que ha sido necesario diseñar un sistema de tratamiento antes de emitir estos corrientes a la atmósfera.

La concentración máxima admisible de cada tipo de contaminante en los vertidos a la atmósfera se establece por medio de la autorización ambiental según la Ley 34/2007 artículo 13.4. Aún así, si la cantidad emitida a la atmósfera supera los valores presentados en la Tabla 6-1 se deberá realizar una comunicación según el artículo 15 de la Directiva 96/61/CE del Consejo relativa a la Prevención y al control integrado de la contaminación (IPPC).

Tabla 6-1 Valores límite para realizar la comunicación de contaminantes emitidos a la atmósfera

Contaminantes	Valor límite umbral en la atmósfera en kg/año
CCl ₄	100
HF	5.000
HCl	10.000
CFCs	100

Las emisiones antes identificadas se pueden clasificar en tres grandes grupos según el tratamiento posterior que se realizará: emisiones atmosféricas con contaminantes de proceso, emisiones atmosféricas por inertización y emisiones atmosféricas de la caldera.

Las emisiones atmosféricas que contienen contaminantes de proceso son todas aquellas que contengan alguno de los compuestos utilizados durante el proceso de producción.

La medida indicada para evitar estas emisiones es la instalación de un sistema de drenaje cerrado, al cual están conectadas todas las líneas de venteo tanto el normal como el de emergencia y la ventilación forzada. El sistema permite que las posibles fugas se reconduzcan hacia dos depuradores de gases o *scrubbers* conectados en serie que permiten la eliminación de los diferentes compuestos de la corriente de gases residual.

El sistema propuesto lo forman dos etapas en serie de depuración de gases, la primera usa como disolvente CCl_4 y la segunda utiliza una solución de KOH (al 20%).

El primer depurador de gases permite la solubilización de los organoclorofluorados de la corriente residual de gases, ya que se utiliza como disolvente CCl_4 . Este CCl_4 se obtiene de la propia materia prima que utiliza el proceso. Parte del reactivo se desvía antes de entrar a proceso hacia el depurador, arrastrando de este modo los contaminantes organoclorofluorados presentes en los gases tratados. Una vez solubilizados en el CCl_4 , la corriente se reintroduce en el proceso, donde se irán separando los compuestos en las respectivas etapas.

Los gases resultantes de la primera etapa de depuración, que contienen mayoritariamente ácidos (HCl y HF), son canalizados hacia en el segundo depurador. Hacia éste también se dirigen directamente los venteos de los tanques de HF. En el segundo *scrubber*, la solución de KOH neutralizará la acidez del corriente gas y permitirá obtener gas limpio. El agua residual resultante contendrá sales de potasio tales como KCl y KF. Este agua se recirculará hasta que la solución esté al 10% de KOH. En este momento se retirará y procederá a renovar con solución de KOH nueva.

Aún a pesar del aumento considerable en el coste por la utilización de potasa (KOH) en vez de sosa (NaOH), se ha escogido este sistema de tratamiento ya que el tratamiento posterior del agua residual permitirá la eliminación total de los fluoruros del corriente y la regeneración de la potasa.

La Figura 6-4 esquematiza el proceso de depuración planteado para los venteos de la planta de producción de CFC-13.

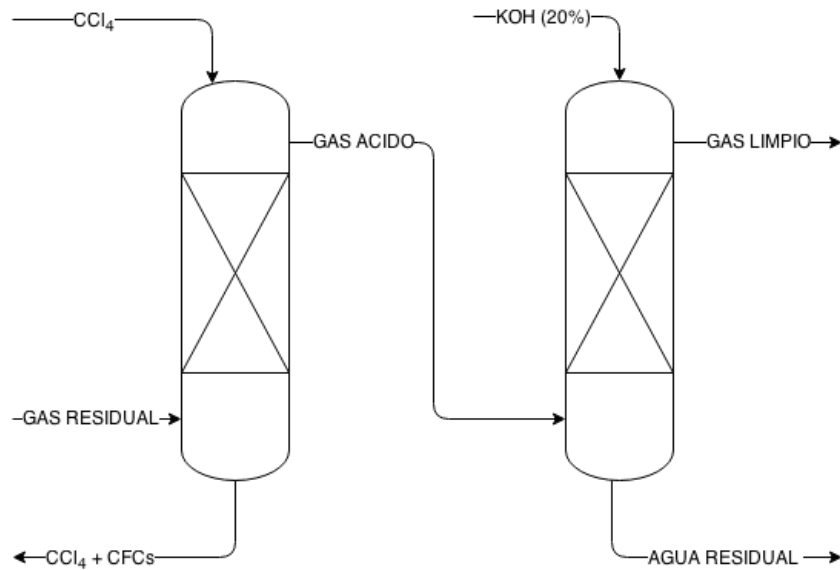


Figura 6-4 Esquema del sistema de tratamiento de gases propuesto para la producción de CFC-13

Gracias a la utilización de este sistema se obtendrá solo un corriente residual líquido y se tendrá un único foco atmosférico canalizado.

Aunque las emisiones procedentes de los tanques de almacenamiento debido al llenado y vaciado del mismo son una fuente importante de venteo y por lo tanto de gas residual, se ha tenido en cuenta que el sistema de carga y descarga dispondrá de una línea de retorno de vapor que conectará el tanque con la cisterna del camión evitando las variaciones de presión dentro de los mismos. En la Figura 6-5 se muestra un esquema de conexiones entre el tanque y la cisterna del camión.

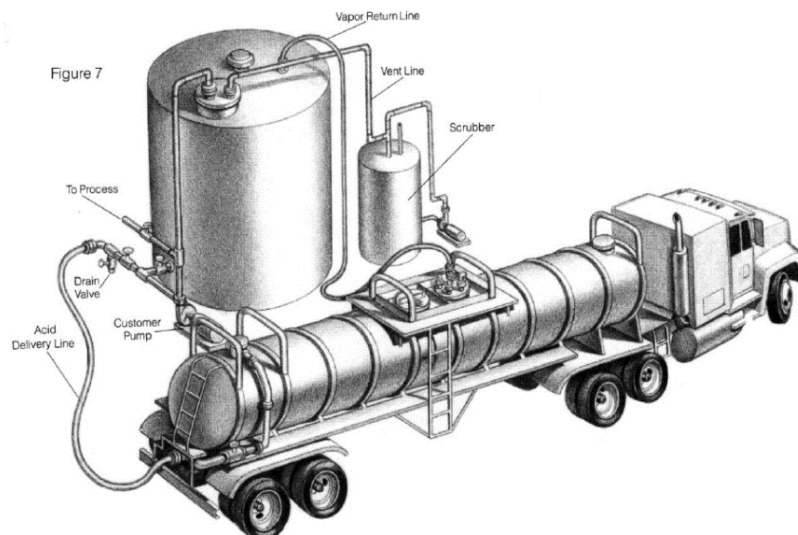


Figura 6-5 Conexiones entre el tanque de almacenamiento y la cisterna del camión para evitar variaciones de presión. Fuente: Oxychem, 2013

Las emisiones atmosféricas por inertización debido a su composición son corrientes que se pueden emitir directamente a la atmósfera sin necesidad de tratamiento. Estas corrientes están compuestas por N₂ y el aire de las líneas y equipos desplazados.

Las emisiones atmosféricas de la caldera se pueden minimizar con un control óptimo de la combustión, ya que principalmente los compuestos que se emiten son debidos a combustiones incompletas del combustible usado.

Aún así se deben cumplir los límites establecidos en la normativa ambiental aplicable, por la cual cosa se deberá mantener un seguimiento de la caldera para adecuar la emisión de la misma. Si fuese necesario se debería instalar un filtro extra para la emisión de partículas y adecuar el caudal de aire para evitar la producción del resto de contaminantes. Si el problema persistiese, un cambio de quemador sería la opción más viable para mantener la emisión de contaminantes de la caldera por debajo de los valores límites permitidos.

Después del tratamiento de todas las corrientes gaseosas, solo se tendrán 2 focos industriales continuos a la atmósfera. La corriente procedente de la combustión de la caldera y la de Como son una fuente de impacto ambiental al contaminar el aire se debe hacer una vigilancia y un seguimiento de éstos focos. En la Figura 6-6 se adjunta la disposición de los 2 focos a la atmosfera presentes en la planta.

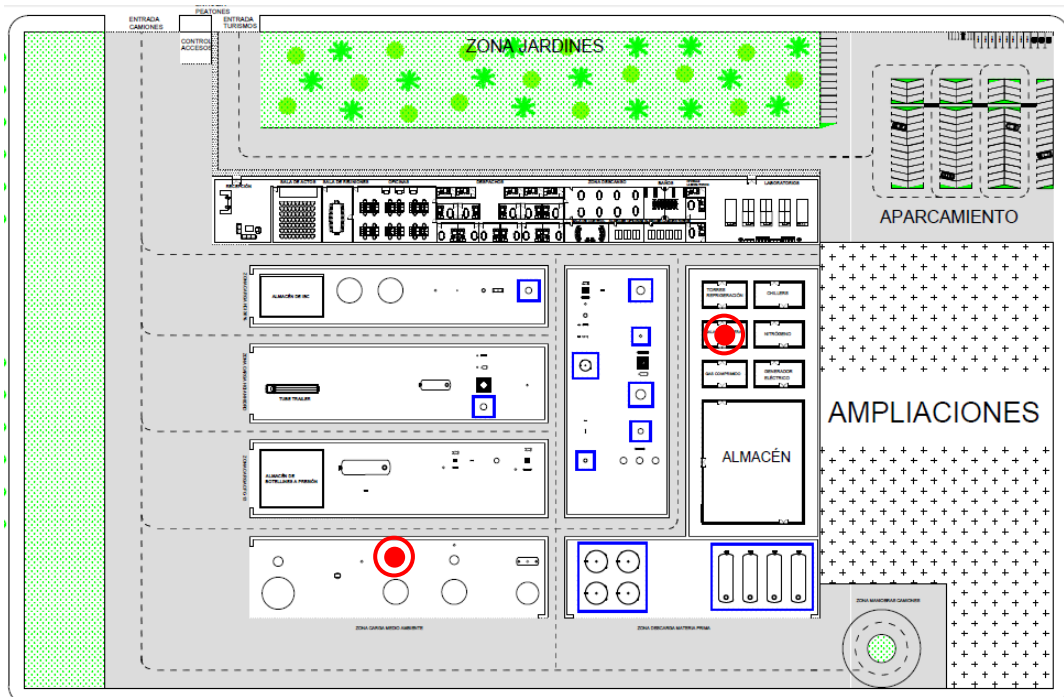



Figura 6-6 Ubicación focos atmosféricos planta producción CFC-13

Todos los focos vehiculados a la atmósfera, incluidos los de emisión no sistemática, clasificados como A, B, C o "-" del Catálogo de actividades potencialmente contaminantes de la atmósfera (CAPCA), regulado en el Real Decreto 100/2011, que se encuentren dentro de la planta deben tener libro de registro de emisiones. También deben tener libro de registro los focos que por normativa o porque así lo establece su permiso ambiental se deban hacer medidas de emisión.

Existen tres tipos de libros de registro según las particularidades de los diferentes focos: focos de combustión, de proceso y para antorchas de seguridad. Según las características de la planta de CFC-13 proyectada solo se tendrán focos de combustión y proceso. A continuación se adjuntan los libros a rellenar para cada tipología de foco.

M0365

 Generalitat de Catalunya
Departament de Territori i Sostenibilitat

PROCÉS

Llibre núm. _____

D'acord amb el que disposa el Reial Decret 100/2011, de 28 de gener, pel qual s'actualitza el catàleg d'activitats potencialment contaminants de l'atmosfera i s'estableixen les disposicions bàsiques per a la seva aplicació, s'habilita aquest llibre com a registre de les mesures d'EMISSIÓ DE CONTAMINANTS A L'ATMOSFERA EN FOCUS EMISSORS DE PROCÉS INDUSTRIAL, que consta de 4 fulls foliats i segellats i numerats a la part superior. Aquesta diligència s'estén per duplicat. L'original queda unit al llibre de registre i la còpia en poder del Departament. Les dades de l'empresa i de la instal·lació són les que figuren a continuació.

Signat i segellat per l'empresa _____ d' _____ de _____
Per la Secretaria de Medi Ambient i Sostenibilitat

Dades de l'empresa:

Nom de l'empresa: _____

Adreça social: _____ Núm. _____ Municipi _____ CP _____ NIF _____

Adreça de l'establiment: _____ Núm. _____ Municipi _____ CP _____ REIC _____

Dades del representant:

Nom: _____ Cognoms: _____ NIF/NIE: _____

Adreça: _____ Núm. _____ Municipi _____ CP _____

CAPCA del focus (annex Reial Decret 100/2011, de 28 de gener): Grup: _____ Codí: _____, Funcionament establiment (dies/any) _____

Classificació als annexes del Decret 143/2003 de la Llei 3/1998 d'IIAA: Annex _____, Aparat _____, Subaparat _____

Classificació als annexes de la Llei 20/2009, de 4 de desembre, de prevenció i control ambiental de les activitats: Annex _____, Aparat _____, Subaparat _____

Descripció de l'activitat: _____

Focus emissor:

Denominació ¹: _____ Data de posada en marxa _____

Alçada des del nivell del sòl (m) _____ Diàmetre interior en la sorada de la xemeneia (m) _____ Funcionament focus (h/dia) _____ (dies/any) _____

Capacitat de producció del procés associat al focus emissors (kg, m³, peces, unitats.../dia, hora...) _____

Analitzadors en continu instal·lats (contaminants controlats): _____

Matèries primeres utilitzades en el procés associat al focus emissor _____

Descripció del procés associat al focus emissor _____

Classe de combustible (en el cas que se n'utilitzi) _____ Consum de combustible (kg/h) _____ (t/any) _____

Potència tèrmica (MW) (si és procedent) _____ (m³/h) _____ (m³/any) _____

Mesura correctora: Sistema: _____ Marca: _____ Data de muntatge: _____ Rendiment teòric: _____

D'acord amb la Llei orgànica, 15/1999, de 13 de desembre, de protecció de dades de caràcter personal, us informem que les vostres dades seran incorporades a un fitxer del qual és responsable la Direcció General de Qualitat Ambiental. La finalitat d'aquest fitxer és gestionar la recollida de la informació relativa a l'emissió de contaminants. Podeu exercir els drets d'accés, rectificació, cancel·lació i oposició adreçant-vos al Servei d'Organització, avinguda de Josep Tarradellas, 2-6, 08029 Barcelona, lood.tes@gencat.cat

Figura 6-7 Plantilla del llibre de registre de un foco de proceso. Fuente: Departamento de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat de Catalunya


M0365  Generalitat de Catalunya Departament de Territori i Sostenibilitat	<h2 style="margin: 0;">COMBUSTIÓ</h2> <p style="margin: 0;">Llibre núm. _____</p> <p style="margin: 0;">D'acord amb el que disposa el Reial Decret 100/2011, de 28 de gener, pel qual s'actualitza el catàleg d'activitats potencialment contaminants de l'atmosfera i s'estableixen les disposicions bàsiques per a la seva aplicació, s'habilita aquest llibre com a registre de les mesures d'EMISSIÓ DE CONTAMINANTS A L'ATMOSFERA EN FOCUS EMISSORS DE COMBUSTIÓ, que consta de 4 fulls foliats i segellats i numerats a la part superior. Aquesta diligència s'estén per duplicat. L'original queda unit al llibre de registre i la còpia en poder del Departament. Les dades de l'empresa i de la instal·lació són les que figuren a continuació.</p> <p style="margin: 0; text-align: center;">Signat i segellat per l'empresa _____, _____ d' _____ de _____</p> <p style="margin: 0; text-align: right;">Per la Secretaria de Medi Ambient i Sostenibilitat</p>
<p>Dades de l'empresa:</p> <p>Nom de l'empresa: _____</p> <p>Adreça social: _____ Núm. _____ Municipi _____ CP _____ NIF _____</p> <p>Adreça de l'establiment: _____ Núm. _____ Municipi _____ CP _____ REIC _____</p>	
<p>Dades del representant:</p> <p>Nom: _____ Cognoms: _____ NIF/NIE: _____</p> <p>Adreça: _____ Núm. _____ Municipi _____ CP _____</p>	
<p>CAPCA del focus (annex Reial Decret 100/2011, de 28 de gener): Grup: _____ Codi: _____ Funcionament establiment (dies/any) _____</p> <p>Classificació als annexes del Decret 143/2003 de la Llei 3/1998 d'IIAA: Annex _____, Apartat _____, Subapartat _____</p> <p>Classificació als annexes de la Llei 20/2009, de 4 de desembre, de prevenció i control ambiental de les activitats: Annex _____, Apartat _____, Subapartat _____</p> <p>Descripció de l'activitat: _____</p>	
<p>Focus emissor associat al procés de combustió:</p> <p>Denominació: _____ Data de posada en marxa _____</p> <p>Alçada des del nivell del sòl (m) _____ Diàmetre interior en la sortida de la xemeneia (m) _____ Funcionament focus (h/dia) _____ (dies/any) _____</p>	
<p>Dades de la instal·lació de combustió:</p> <p>Tipus d'instal·lació: Caldera <input type="checkbox"/> Potència tèrmica nominal (MW) _____</p> <p>Motor <input type="checkbox"/> Potència elèctrica nominal (MW) _____</p> <p>Turbina <input type="checkbox"/> Potència elèctrica nominal (MW) _____</p>	
<p>Combustible utilitzat:</p> <p>Tipus _____ Classe (en cas que sigui fuel) _____</p> <p>Consum de combustible (kg/h) _____ (t/any) _____ Potència calorífica inferior _____</p> <p>(m³/h) _____ (m³/any) _____</p>	
<p>Mesura correctora: Sistema: _____ Marca: _____ Data de muntatge: _____ Rendiment teòric: _____</p> <p>D'acord amb la Llei orgànica, 15/1999, de 13 de desembre, de protecció de dades de caràcter personal, us informem que les vostres dades seran incorporades a un fitxer del qual és responsable la Direcció General de Qualitat Ambiental. La finalitat d'aquest fitxer és gestionar la recollida de la informació relativa a l'emissió de contaminants. Podeu exercir els drets d'accés, rectificació, cancel·lació i oposició adreçant-vos al Servei d'Organització, avinguda de Josep Tarradellas, 2-6, 08029 Barcelona, ood.tes@gencat.cat</p>	

Figura 6-8 Plantilla del llibre de registre de un foco de combustió. Fuente: Departamento de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat de Catalunya

6.3.1.2. EMISIONES LÍQUIDAS

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

Las posibles emisiones líquidas al agua o residuos líquidos que puede haber en la planta son las procedentes del corriente de agua residual del segundo depurador de gases, de operaciones de limpieza o drenaje y de las purgas del aceite térmico utilizado en servicios. Además de estas pérdidas operativas, también se pueden producir emisiones poco frecuentes a causa de incidentes y accidentes (graves), como un sobrellenado o fugas. Estas últimas se pueden evitar o mitigar gracias a un buen equipo de control y seguridad detallado en el *capítulo 3 y 5* del presente proyecto.

- Emisiones líquidas por purgas del sistema o sobrellenado accidental

Debido a las condiciones de proceso a elevadas presiones de la planta, las corrientes de proceso son líquidas, pero los compuestos que las forman tienen una temperatura de ebullición a presión atmosférica inferior a la temperatura ambiente, por lo que las corrientes vaporizarán al descomprimirse. Este hecho se debe tener en cuenta en el diseño del sistema de purgas, ya que parte de las líneas vaporizarán parcial sino totalmente.

En la Tabla 6-2 se adjunta la temperatura de ebullición a presión atmosférica de los diferentes compuestos presentes durante el proceso.

Tabla 6-2 Temperatura de ebullición de los componentes que forman parte del proceso

Componente	T ebullición (°C)
HCl	-85
CClF ₃	-80
CCl ₂ F ₂	-29.8
HF	19.5
CCl ₃ F	23.7
CCl ₄	76.5
H ₂ O	100
SbCl ₅	140

Las líneas de alivio de líquido debido a un sobrellenado accidental coinciden con la línea de purgas, por lo que se puede considerar que generan un mismo impacto ambiental.

- Efluente líquido procedentes del segundo depurador de gases

Tal como se ha comentado en el apartado anterior, del segundo depurador de gases se genera un corriente líquido acuoso que contiene las sales de neutralización de los ácidos presentes en el corriente de gases tratado.

El segundo depurador de gases, tal como se ha comentado en el apartado anterior, está formado por un sistema cerrado de solución de KOH inicialmente al 20%, que va neutralizando el HF y el HCl procedente de los venteos. Cuando esta solución acuosa llega al 10% de KOH, se introduce al sistema solución de KOH al 20% fresca y se purga la solución agotada parcialmente. Ésta solución será tratada como un efluente residual líquido discontinuo.

- Efluente líquido concentrado procedente de la torre de refrigeración

Debido a la recirculación de la corriente de agua dentro de la torre de refrigeración ésta se concentra en sales disueltas, por lo que es necesario realizar un purgado sistemático del agua de refrigeración utilizada.

El volumen y periodicidad del purgado no es siempre constante, ya que depende de la tasa de evaporación, carga térmica del sistema y de las condiciones meteorológicas (IDAE, 2007).

- Efluente líquido concentrado procedente del rechazo del equipo de osmosis

Sólo parte del agua que se emplea en el proceso de osmosis se obtiene como agua tratada, el resto se concentra en sales y debe ser tratada como una corriente de agua residual.

- Efluente líquido procedente de la regeneración de las resinas de intercambio

Las resinas de intercambio catiónico y aniónico utilizadas para la obtención de agua desionizada deben regenerarse para poder alargar el tiempo de vida de las mismas. Se regeneran con soluciones de NaOH i HCl respectivamente. El agua de regeneración de las resinas se tratará como un agua residual de proceso aunque su periodicidad sea baja, ya que se deben regenerar de cuatro a siete veces por mes.

- Catalizador de la zona de reacción 1

Para la primera y segunda fluoración realizada en la zona de reacción 1 es necesario el uso de un catalizador líquido ($SbCl_5$). Se ha estimado que el tiempo de vida del catalizador es de 2 años, por lo que se generará un residuo líquido de manera puntual.

- Efluente líquido de aceite térmico

El aceite térmico usado como fluido refrigerante y calefactor sufre un deterioro con el paso del tiempo por lo que es necesario realizar un purgado del mismo. Este aceite térmico se tiene que tratar como un residuo especial, ya que tiene un impacto medioambiental considerable.

- Efluentes líquidos de lubricantes para mantenimiento

Toda la maquinaria, en especial los equipos rotatorios, necesitan de una lubricación de sus piezas para el correcto funcionamiento. El lubricante utilizado genera un residuo que debe ser considerado como elemento afectivo al medio ambiente.

- Efluentes líquidos de limpieza de los equipos y líneas

En los momentos en que sea necesario, generalmente durante una parada total de la planta, los equipos y líneas son limpiados para retirar las impurezas y contaminantes del sistema. Estos efluentes deberán tratarse como residuos especiales.

- Efluentes líquidos del laboratorio

Todas las pruebas en los laboratorios de calidad y de investigación requerirán del uso de productos que generarán residuos líquidos que deberán ser gestionados correctamente.

- Aguas pluviales y sanitarias

Parte de las aguas pluviales se recogen en el techo de las oficinas para su posterior uso como aguas domésticas y agua de riego.

Las aguas sanitarias son las aguas generadas a causa de la actividad humana diaria de la planta. Por su semejanza son consideradas como asimilables a domésticas y por lo tanto pueden ser dirigidas hacia un colector común soterrado el cual está conectado a la red de alcantarillado situada en el centro de la calle, tal como se indica en el Capítulo 1. *ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.*

TRATAMIENTO PROPUESTO

En la Figura 6-9 se adjuntan los límites de vertido para los diferentes parámetros. Estos están extraídos del artículo 30. Vertidos limitados de la Ordenanza municipal de vertidos a la red de alcantarillado, normativa de aplicación por la ubicación de la planta.

PARÀMETRE	UNITAT	VALOR LÍMIT	PARÀMETRE	UNITAT	VALOR LÍMIT	
T (°C)	°C	40	Crom total	Cr	mg/l	3
pH (interval)	UpH	6 – 10	Estany	Sn	mg/l	5
MES (Matèries en suspensió)	Mg/l	750	Ferro	Fe	mg/l	10
DBO ₅	O ₂	Mg/l	Manganès	Mn	mg/l	2
DQO	O ₂	mg/l	Mercuri	Hg	mg/l	0,1
Olis i greixos	mg/l	250	Níquel	Ni	mg/l	5
Clorurs	Cl ⁻	mg/l	Plom	Pb	mg/l	1
Conductivitat	µS/cm	6.000	Seleni	Se	mg/l	0,5
SOL (Sals solubles)	µS/cm	9.000	Zenc	Zn	mg/l	10
Diòxid de sofre	SO ₂	mg/l	MI (Matèries inhibidores)	Equitox/m ³	25	
Sulfats	SO ₄ ²⁻	mg/l	Color		Inapreciable en dilució 1/30	
Sulfurs totals	S ²⁻	mg/l	Nonifènel	NP	mg/l	1
Sulfurs dissolts	S ²⁻	mg/l	Tensioactius aniònics (2)	LSS	mg/l	6
Fòsfor total	P	mg/l	Plaguicides totals		mg/l	0,10
Nitrats	NO ₃ ⁻	mg/l	Hidrocarburs aromàtics policíclics		mg/l	0,20
Amoni	NH ₄ ⁺	mg/l	BTEX (3)		mg/l	5
Nitrogen orgànic i amoniacal (1)	N	mg/l	Triazines totals		mg/l	0,30
Cianurs	CN ⁻	mg/l	Hidrocarburs		mg/l	15
Índex de fenols	C ₆ H ₅ OH	mg/l	AOX (4)	Cl	mg/l	2
Fluorurs	F ⁻	mg/l	Cloroform	Cl ₃ CH	mg/l	1
Alumini	Al	mg/l	1,2 Dicloroetà	Cl ₂ C ₂ H ₄	mg/l	0,4
Arsènic	As	mg/l	Tricloroetilè (TRI)	Cl ₃ C ₂ H	mg/l	0,4
Bari	Ba	mg/l	Percloroetilè (PER)	Cl ₄ C ₂	mg/l	0,4
Bor	B	mg/l	Triclorobenzè	Cl ₃ C ₆ H ₃	mg/l	0,2
Cadmi	Cd	mg/l	Tetraclorur de carboni	Cl ₄ C	mg/l	1
Coure	Cu	mg/l	Tributilestany		mg/l	0,10
Crom hexavalent	Cr(VI)	mg/l				

Figura 6-9 Valores límite de los diferentes parámetros regulados en la Ordenanza municipal de vertidos a la red de alcantarillado

Tal como se puede comprobar en la Figura 6-9 los límites para los compuestos orgánicos halogenados (AOX) es de 2 mg/l y la de CCl₄ de 1 mg/l. Debido a que la mayoría de los efluentes líquidos presentes en la planta generan este tipo de residuos y, aunque la mejor alternativa es tratar el residuo en origen, debido a su carácter esporádico y al valor límite de vertido tan pequeño, se ha decidido tratar estos residuos a través de un gestor autorizado. Se incluye como propuesta de mejora de la planta la posibilidad de incorporar un filtro de carbón activo para eliminar este tipo de compuestos.

Además de las corrientes líquidas de proceso que contengan este tipo de compuestos (sistema de purga o sobrellenado accidental), existen otros efluentes líquidos residuales que se gestionarán de manera externa a través de un gestor autorizado. Estos son:

- Catalizador de la primera zona de reacción
- Purgas del sistema de aceite térmico
- Lubricantes
- Líquidos de mezcla de limpieza de líneas y equipos
- Residuos líquidos del laboratorio

Todos ellos se almacenarán separadamente en recipientes cerrados y en una zona habilitada para ello. Ésta estará dispuesta sobre un suelo capaz de recoger los posibles vertidos de los residuos. En la Figura 6-10 se adjunta un modelo del tipo de almacenamiento propuesto para este tipo de sustancias.



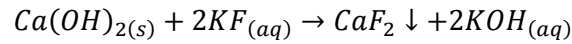
Figura 6-10 Modelo de contenedor almacén para sustancias peligrosas. Fuente: Kaiser+Kraft

Todos los residuos líquidos dispuestos para su tratamiento o valorización externa se deberán etiquetar correctamente y aquellos catalogados como peligrosos no deberán ser almacenados durante más de seis meses, según la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. A su vez se deberá tramitar toda la documentación necesaria (hoja de aceptación, hojas de seguimiento, etc.).

Para las aguas residuales del segundo depurador de gases se ha diseñado un sistema de regeneración de la solución de KOH mediante la adición de hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Este sistema permite la eliminación total de los fluoruros presentes

en la corriente residual. El valor límite de vertido de los fluoruros (F^-) en la red de alcantarillado de Sabadell es de 12 mg/l.

La solución agotada de KOH se introduce en un tanque agitado dónde se le añade la cal apagada. La reacción que tiene lugar es la siguiente:



Esta adición permite la formación de un compuesto insoluble CaF_2 (solubilidad en agua de 0.016 g/kg H_2O) y la recuperación del KOH acuoso. Una vez formado el sólido, se detiene la agitación para permitir la precipitación del compuesto. Como el efluente residual se da de manera discontinua, se puede realizar todo en el proceso en el mismo reactor, siendo éste un Reactor Discontinuo de Tanque Agitado (RDTA).

Si todo el venteo fuese 100% HF, y sólo el 50% de la solución de KOH hubiese reaccionado, reduciendo la concentración del mismo a la mitad (del 20% al 10%), entonces la cantidad de $Ca(OH)_2$ a añadir es de casi 40 kg¹ cada vez que se agote la solución de KOH.

La fase sólida que se forma se concentra más gracias a un filtro de marcos y placas. La corriente de agua se reintroduce al reactor y se obtiene un residuo sólido que deberá ser gestionado como tal.

La fase acuosa formada se recircula al tanque con KOH al 20% fresco, con el inconveniente que la cal apagada no es capaz de regenerar el KCl, por lo que la solución irá concentrándose en esta sal. De este modo se deberá ir purgando y renovando la solución de KOH del sistema completamente.

La purga se tratará del mismo modo que la solución de KOH agotada, haciéndola reaccionar con $Ca(OH)_2$, de este modo se eliminan los fluoruros de la corriente. Esta vez la corriente acuosa en vez de ser recirculada hacia el tanque de almacenamiento de KOH, se redigirá hacia un tanque de homogenización dónde será neutralizada con HCl al 36% del producido en la propia planta.

$$1 \quad 0,51 \text{ m}^3 \text{ dló} \cdot \frac{1184,9 \text{ kg dló}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{10 \text{ kg KOH}}{100 \text{ kg dló}} \cdot \frac{1 \text{ kmol KOH}}{56,09 \text{ kg KOH}} \cdot \frac{1 \text{ kmol KF}}{1 \text{ kmol KOH}} \cdot \frac{1 \text{ kmol Ca(OH)}_2}{2 \text{ kmol KF}} \cdot \frac{74 \text{ kg Ca(OH)}_2}{1 \text{ kmol Ca(OH)}_2} =$$

39,6 kg $Ca(OH)_2$

La neutralización producirá una solución de cloruro de potasio (KCl). El tratamiento evaporativo para la recuperación de esta sal y su posterior venta como fertilizante se ha desestimado, ya que la inversión a realizar era mucho mayor al beneficio obtenido. La producción máxima de KCl en cada ciclo de renovación de KOH es de 160 kg, por lo que los beneficios obtenidos ascienden a tan solo 80€/ciclo. El equipo evaporativo seleccionado tiene un coste aproximado de 40.000€, por lo que la solución propuesta es inviable.

Como la solución de KCl tiene una elevada conductividad (>2500 mg/L), se deberá tratar directamente la corriente de KOH agotado después de la eliminación de los fluoruros por precipitación. De este modo, ésta corriente será dirigida a un tanque de homogeneización dónde se ajustará el pH y controlará la conductividad para poder verterla a la red de saneamiento.

La Figura 6-11 esquematiza el sistema de tratamiento en discontinuo propuesto para este tipo de aguas residuales.

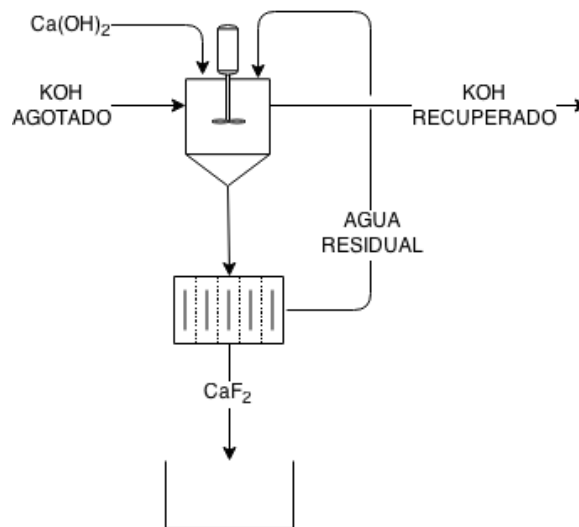


Figura 6-11 Esquema del sistema de tratamiento de regeneración de KOH propuesto

Los efluentes líquidos correspondientes a las purgas del sistema de refrigeración y al rechazo de las membranas de osmosis se verterán al sistema de alcantarillado previo paso por el tanque de homogeneización.

El problema principal que presentan estas corrientes es la elevada concentración de sales, ya que al proceder de agua de red no tienen presencia de otros contaminantes. Esta elevada concentración depende de los ciclos de concentración que se hagan en el circuito de refrigeración y de la proporción de

rechazo que se establezca en el sistema de desionización. Si ambos se determinan para que la concentración de sales no exceda de los límites de vertido permitidos (Valor límite de conductividad = 6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), estos pueden ser vertidos a la red de alcantarillado, siempre y cuando el resto de valores se mantenga por debajo del valor establecido. Previo a la conexión con el alcantarillado existe una balsa de homogeneización que permite unir las diferentes aguas químicas de la planta que se generan y ajustar los parámetros físicos y químicos para hacerla apta para el vertido.

Las aguas químicas procedentes de la regeneración de las resinas de intercambio iónico utilizadas en la desionización del agua de red, también se enviarán hacia la balsa de homogeneización. A estas se les adicionará HCl o NaOH según convenga para neutralizar la alcalinidad o acidez del agua residual.

Las aguas pluviales serán reutilizadas como agua para las cisternas de los inodoros y también para el riego de las zonas ajardinadas y lavado de suelo exterior. El agua pluvial debe respetar las normativas de calidad de las aguas de baño en los términos de la legislación nacional y de las directivas europeas aplicables.

El sistema de reutilización de las aguas de lluvia se compone de un sistema de captación que se situará en el techo del edificio dedicado a las oficinas que canalizará el agua recogida hacia un equipo de filtración previo a la entrada del depósito de acumulación que estará ubicado a nivel de suelo. La instalación de distribución se hará por aspiración con una electrobomba de superficie.

6.3.1.3. RESIDUOS SÓLIDOS

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

- Residuos asimilables a urbanos

Los residuos sólidos que se pueden identificar en la planta proyectada responden mayoritariamente al tipo de residuos considerados asimilables a urbanos. Dentro de esta categoría se pueden incluir residuos recogidos de manera selectiva como papel y cartón, vidrio, plástico, etc. y residuos generales de planta.

- Catalizador usado en el segundo reactor

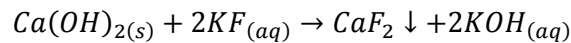
Para la tercera fluoración realizada en el segundo reactor es necesario el uso de un catalizador sólido (AlCl_3). Cada año sufre un deterioro del 5%, y se ha considerado que una actividad inferior al 90% ya no es apta para el proceso proyectado. De este modo será renovado cada 2 años, generando así residuo sólido.

- Membranas del equipo de desionización

Las membranas del equipo de desionización también tienen un tiempo de vida útil. Éstas disponen, aparte de un prefiltro de protección, de un sistema de limpieza propio dentro del sistema de desionización, pero se presupone que cada 5 años se deberán cambiar por el deterioro y la acumulación de las sales en las mismas.

- Sales procedentes del tratamiento de gases (CaF_2)

La depuración del corriente de gases genera un efluente líquido residual que a su vez genera un sólido residual después de filtrarlo para reducir la cantidad de agua del sólido. Éste está formado por sales de fluoruro de calcio.



La cantidad máxima de CaF_2 que se produce en cada ciclo, suponiendo que el venteo fuese 100% HF es de 41,77 kg CaF_2 .²

El residuo obtenido después de la filtración contiene un 40% de humedad, por lo que el residuo que se obtiene es de 69,62 kg fango, que equivale a 40,37 l fango (volumen específico: 0,58 l/kg, asumiendo solución ideal).

- Envases contaminados

Tanto los envases metálicos como plásticos que hayan contenido sustancias peligrosas deberán tratarse como un residuo especial, ya que será necesario descontaminarlos antes de su disposición.

$$2 \cdot 0,507 \text{ m}^3 \text{ dló} \cdot \frac{1184,9 \text{ kg dló}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{10 \text{ kg KOH}}{100 \text{ kg dló}} \cdot \frac{1 \text{ kmol KOH}}{56,09 \text{ kg KOH}} \cdot \frac{1 \text{ kmol KF}}{1 \text{ kmol KOH}} \cdot \frac{1 \text{ kmol CaF}_2}{2 \text{ kmol KF}} \cdot \frac{78 \text{ kg CaF}_2}{1 \text{ kmol CaF}_2} = 39,6 \text{ kg CaF}_2$$

- Absorbentes y ropas protectoras contaminadas

En caso de cualquier vertido y/o proceso que requiera de productos absorbentes para evitar que el líquido se extienda por cualquier superficie, se utilizarán materiales absorbentes como trapos de limpieza o papel. Todo aquel material textil que haya estado con material contaminante también deberá ser tratado como, por ejemplo, la ropa protectora.

TRATAMIENTO PROPUESTO

Todo el tratamiento de sólidos se gestionará de manera externa a través de gestores autorizados. Se acondicionará un espacio de almacenamiento de este tipo de residuos y se gestionará su retirada a través de estos gestores con la documentación correspondiente necesaria en cada caso.

Para los residuos generales se dispondrá de una compactadora móvil con volteador de 17m³. Para el resto de residuos asimilables a urbanos se dispondrá de contenedores selectivos de tapa basculante de 1,1 m³. Los absorbentes se recogerán en bidones de plástico de 200l con tapa ballesta, las sales de CaF₂ en un contenedor de 2 m³ con tapa y aquellos envases metálicos o plásticos que hayan contenido sustancias peligrosas se dipositarán dentro de jaulas de IBC sin el cuerpo plástico.

En la Figura 6-12 se resumen los contenedores distintivos para la recogida selectiva de residuos sólidos de la planta.



Figura 6-12 Contenedores para la recogida selectiva en planta

La política de gestión de residuos de la planta busca minimizar el impacto ambiental y tratará de encontrar la solución para ellos más respetuosa posible con el Medio Ambiente, por lo que se seguirá una jerarquía en la gestión de los residuos industriales.



Figura 6-13 Priorización del proceso a escoger para la gestión de los residuos industriales

6.3.1.4. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA Y LUMÍNICA

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

La contaminación luminosa se caracteriza por el aumento del fondo de brillo del cielo nocturno a causa de la dispersión de la luz procedente de la iluminación artificial. (Departamento de Medio Ambiente y Vienda, Generalitat de Catalunya)

Los puntos de luz que haya en el exterior de la planta (lámparas, pantallas y proyectores) deberán cumplir la normativa adecuada para minimizar el impacto que producen.

La contaminación acústica o ruido se entiende como sonidos molestos que percibe el oído. Es considerado contaminación puesto que deteriora la calidad ambiental del territorio.

Los mapas de capacidad acústica establecen la zonificación acústica del territorio y los valores límite de inmisión de acuerdo con las zonas de sensibilidad acústica, es decir, fijan los objetivos de calidad acústica del territorio para cada zona, para tres periodos temporales diferenciados: día, tarde y noche, donde también se incorporan los usos del suelo.

También existe un Mapa de Protección contra la Contaminación Luminosa en Cataluña. Este incluye cuatro zonas de protección atendiendo, por un lado, a la necesidad de mantener una correcta iluminación en aquellas zonas en que se

desarrolla la actividad humana; y, por otro, a la protección, en la medida de lo posible, de los espacios naturales y la visión natural nocturna del cielo.

Según la zona de protección contra la contaminación luminosa a la que pertenece la iluminación, se determina el tipo y las características de la iluminación que se puede instalar en ella.

Se consideran cuatro tipologías de protección del medio contra la contaminación luminosa: zonas de protección máxima, E1; zonas de protección alta, E2; zonas de protección moderada, E3, y zonas de protección menor, E4.

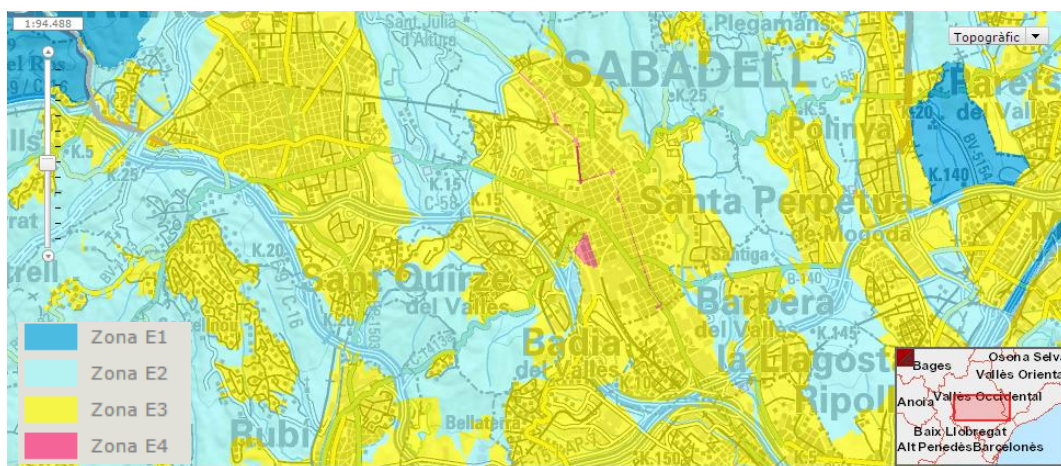


Figura 6-14 Mapa de Protección contra la Contaminación Luminosa. Zona Sabadell. Fuente: Ministerio de medio ambiente y vivienda. Generalitat de Catalunya

Tal como se muestra en la Figura 6-14, donde se presenta el Mapa de Protección contra la Contaminación Luminosa perteneciente a la zona de Sabadell, el área del emplazamiento de la planta se sitúa en la zona E3.

MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN PROPUESTOS

Los principios que se seguirán para reducir la contaminación lumínica son: iluminar donde sea necesario, con lo que sea necesario, cuando se necesario y de la forma adecuada y de manera eficiente.

Las instalaciones y los aparatos de iluminación exterior deberán cumplir varios requisitos para prevenir la contaminación luminosa y favorecer el ahorro y el aprovechamiento de la energía.

Son medidas que suponen un ahorro energético importante y, en cambio, no tienen incidencia en el grado de confort ni en la seguridad, puesto que tienden a buscar una mayor racionalización en el uso de la luz, evitar la propagación de haces hacia zonas que no se quieran iluminar, eliminar tanto el deslumbramiento como la fuga de luz hacia el cielo y respetar el medio natural y las especies de hábitos nocturnos.

Las características que debe cumplir la iluminación de la planta al estar en la zona E3 son las resumidas en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3 Resumen de los límites lumínicos de la zona E3 de protección moderada. Fuente: Ley 15/2010

	ZONA 3
Lámparas	Pref. Sodio
Flujo de hemisferio superior	15%
Deslumbramiento perturbador	15%
Iluminación intrusa	10 lux
Intensidad lumínica áreas protegidas	100 Kcd.
Luminancia rótulos	800 cd/m ²
Luminancia edificio	80 cd/m ²
Luminancia fachada	10 cd/m ²

Las lámparas que se deberán utilizar son las de mayor eficiencia energética. Los tipos de lámparas permitidas son las prefabricadas de sodio.

En los procesos de renovación de la iluminación exterior se deberán sustituir las lámparas de vapor de mercurio por otras de menor impacto ambiental sobre el medio (como las de vapor de sodio o LED ámbar) y también deberá procurarse reducir la potencia instalada.

Las lámparas de LED ámbar son aquellas que emiten luz y cumplen estas tres condiciones a la vez: longitud de onda dominante entre los 585 y los 595 nm, emisión de radiación electromagnética por debajo de los 500 nm inferior al 1% del total y sin presencia de ningún pico de emisión alrededor de los 440 nm.

En la iluminación de superficies verticales con proyectores, siempre que sea posible, se situarán los proyectores elevados enfocando por debajo de la horizontal. El enfoque por encima de la horizontal se regirá por las condiciones descritas en el artículo 6.6.a y 6.6.b de la Ley 6/2001, y sólo se autorizará si se justifica previamente la necesidad.

El funcionamiento de la planta es de 24 horas al día, por la cual cosa la iluminación exterior es necesaria y, por lo tanto, se deberá seguir en este caso la regulación horaria de la iluminación exterior. En ella se expone que:

- Hay que disponer de temporizador para encender la iluminación exterior cuando haga falta y apagarla cuando no sea necesaria.
- En horario de noche, se recomienda que funcionen solo los rótulos luminosos que cumplan una función normativa necesaria para la localización de servicios, y únicamente mientras se dé servicio; por tanto, se recomienda que en horario de noche no funcionen rótulos de carácter comercial y/o publicitario.

Para la contaminación acústica, la normativa regula los niveles de inmisión producidos por actividades tanto en el interior como en el exterior de la planta. (Ley 16/2002). Ambos niveles se miden en dB(A) y se deberán analizar en diversos puntos tanto en el interior como el exterior de la planta.

Los niveles de inmisión que deberán cumplirse y mantenerse son los presentados en la Tabla 6-4.

Tabla 6-4 Valores límite de inmisión producidos por la propia actividad en el exterior e interior de edificios. Fuente: Ley 16/2002

Zona de sensibilidad	EXTERIOR				INTERIOR	
	Valores límite de inmisión		Valores de atención		Valores límite de inmisión	
	L _{Ar} en dB(A)		L _{Ar} en dB(A)		L _{Ar} en dB(A)	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
A, alta	60	50	65	60	30	25
B, moderada	65	55	68	63	35	30
C, baja	70	60	75	70	35	30

Las medidas tomadas para reducir este nivel de inmisión es mantener, siempre que sea posible, los equipos con partes rotatorias dentro de edificios cerrados y alejar el proceso productivo de las calles principales.

6.3.2. CUADRO RESUMEN DE LOS IMPACTOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

A continuación se incluye un cuadro resumen de los impactos detectados en la planta de producción de CFC-13 junto a la medida preventiva o correctora implementada.

Tabla 6-5 Impactos identificados en la planta de producción de CFC-13 y medidas preventivas y correctoras aplicadas

		IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS EN PLANTA			
		PLANTA	CFC-13	FECHA	23/05/2015
		LOCALIDAD	Sabadell	REVISADO	PS corporation
VECTOR	IMPACTO	MEDIDA PREVENTIVA/CORRECTORA			
AIRE	Ventee normal y emergencia	Sistema drenaje cerrado Depuración de gases mediante dos <i>scubbers</i>			
	Inertización del proceso	Emisión a la atmósfera			
	Emisiones caldera	Control y seguimiento de la combustión y el foco emisor			
	Extracción localizada laboratorios	Captación de contaminantes Depuración de gases mediante dos <i>scubbers</i>			
	Purgas vaporizadas	Captación de contaminantes Depuración de gases mediante dos <i>scubbers</i>			
AGUA	Purgado del sistema y sobrellenado accidental	Gestión externa			
	Agua residual del segundo depurador de gases [KOH, KCl, KF]	Eliminación de fluoruros por precipitación química (Ca(OH) ₂) y Regeneración de potasa			
	Agua residual del segundo depurador de gases concentrada en KCl	Eliminación de fluoruros por precipitación química (Ca(OH) ₂), Ajuste de pH en balsa de homogeneización, Vertido a la red de alcantarillado			
	Efluente concentrado de la torre de refrigeración	Ajuste del ciclo de purgado, balsa de homogeneización Vertido a la red de alcantarillado			
	Efluente concentrado del rechazo de la osmosis	Ajuste del porcentaje de rechazo, balsa de homogeneización y vertido a la red de alcantarillado			
	Aguas químicas de la regeneración de las resinas	Ajuste de pH en balsa de homogeneización Vertido a la red de alcantarillado			
	Catalizador de la zona reacción 1	Gestión externa			
	Aceite térmico deteriorado	Gestión externa			
	Lubricantes de mantenimiento	Gestión externa			
	Efluentes líquidos de laboratorio	Gestión externa			
	Aguas pluviales y sanitarias	Reutilización de las aguas pluviales para uso sanitario Vertido a la red de alcantarillado			
RESIDUOS SÓLIDOS	Residuos asimilables a urbanos	Gestión externa priorizando la valorización del residuo siempre que sea posible			
	Catalizador de la segunda reacción				
	Membranas del equipo de desionización				
	Envases contaminados				
	Absorbentes y ropas protectoras	Venta de subproducto como fertilizante			
Sales de CaF ₂					
LUMÍNICO	Iluminación exterior	Adaptación de pantallas a la normativa Temporizador para la iluminación nocturna			
ACÚSTICO	Equipos y proceso productivo	Ubicación lejos de las calles principales			

6.3.3. NORMATIVA

Legislación referida a la contaminación atmosférica

- Ley 22/1983, de 21 de noviembre, definida por el Orden de 20 de junio de 1986 y actualmente adscrita administrativamente al Departamento de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat de Catalunya, dónde se establece la estructura y el funcionamiento de la Red de Vigilancia y Previsión de la Contaminación Atmosférica (XVPCA).
- Real Decreto 1302/1986, de 28 de junio, sobre la evaluación del impacto ambiental.
- Decreto 322/1987, 23 de septiembre, de desarrollo de la ley 22/1983, de 21 de noviembre, de protección del ambiente atmosférico. Más la introducción de las modificaciones que establece el Decreto 158/1994.
- Decreto 323/1994, de 4 de noviembre, por el cual se regulan las instalaciones de incineración de residuos y los límites de sus emisiones a la atmosfera.
- Decreto 199/1995, de 16 de mayo, de aprobación de los mapas de vulnerabilidad y capacidad del territorio referente a la contaminación atmosférica.
- Ley 6/1996, de 18 de junio, modificando la ley 22/1983.
- Decreto 398/1996, de 12 de diciembre, regulador del sistema de planes graduales de reducción de emisiones a la atmósfera.
- Real Decreto 1866/2004, de 6 de septiembre, por el cual se aprueba el plan Nacional de Derechos de Emisión 2005-2007.
- Decreto 390/2004, de 21 de septiembre, sobre asignación de competencias en materia de emisión de gases de efecto invernadero.
- Real Decreto 60/2005, de 21 de enero, por el cual se modifica el Real Decreto 1866/2004, de 6 de septiembre, por el cual se aprueba el plan Nacional de Asignación de los Derechos de Emisión del 2005-2007.
- Decreto 397/2006, de 17 de octubre, como aplicación del régimen de comercio de derechos de admisión de gases con efecto invernadero y de regulación del sistema de acreditación de verificadores de informes de emisión de gases con efecto invernadero.
- Directiva 2010/75/UE, de 24 de noviembre, sobre las emisiones industriales (Directiva DEI).
- Ley 5/2013, de 11 de junio, que modifica la ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

- Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el cual se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la ley 16/2002, de 1 de julio.

Legislación referida efluentes líquidos

- Orden de 27 de mayo de 1967, por la que dictan normas sobre prohibición de vertidos al mar de productos petrolíferos o residuos contaminados procedentes de fábricas o industrias de toda clase.
- Ley 5/1981, de 4 de junio, sobre la legislación en materia de evacuación y tratamiento de aguas residuales.
- Orden de 2 de diciembre de 1982, sobre coeficientes específicos de contaminación por estimación a cargo de las cantidades vertidas en los medios naturales.
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, de aprobación del Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminares I, IV, V, VI y VII de la ley 29/1985, de 2 de agosto, de aguas.
- Orden de 19 de febrero de 1987, por la que se establecen normas complementarias en materia de utilizaciones de vertidos de aguas residuales.
- Decreto 328/1988, de 11 de octubre, por el cual se establecen normas de protección adicionales en materia de procedimiento en relación con diversos acuíferos de Catalunya.
- Ley 5/1991, de 4 de junio, sobre el desarrollo legislativo en materia de evacuación y tratamiento de aguas residuales.
- Real Decreto 484/1995, de 5 de marzo, sobre las medidas de regularización de vertidos de aguas residuales.
- Decreto 103/2000, de 6 de marzo, por el cual se aprueba el reglamento de los tributos gestionados por la Agencia Catalana del Agua.
- Ley 10/2000, de 7 de julio, de ordenación de transporte en aguas marítimas y continentales.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 3/2003, de 4 de noviembre, por el cual se apruebo el texto refundido de la legislación en materia de aguas de Catalunya.
- Orden MAH/122/2004, de 13 de abril, por el que se aprueban los modelos de declaración de vertidos.
- Real Decreto 130/2003, de 13 de mayo, por el cual se aprueba el reglamento de los servicios públicos de saneamiento.

Legislación referida a residuos sólidos

- Decreto 64/1982, de 9 de marzo, por el cual se aprueba la reglamentación parcial del tratamiento de desechos y residuos.
- Orden de 17 de octubre de 1984 sobre clasificación de residuos industriales.
- Decreto 142/1984, de 11 de abril, de despliegue parcial de la ley 6/1983, de abril, sobre residuos industriales. Modificado por la resolución 237 de octubre de 1999.
- Ley 20/1986, de 14 de mayo, básica de residuos tóxicos y peligrosos.
- Resolución del consejo, de 7 de mayo de 1999, sobre la política en materia de residuos.
- Decreto legislativo 2/1991, de 26 de septiembre de 1991, por el cual se aprueba el texto refundido de la legislación vigente en materia de residuos industriales.
- Ley 6/1993, de 15 de julio, reguladora de residuos
- Resolución del consejo de 14 de febrero de 1997 sobre la estrategia comunitaria de gestión de residuos.
- Ley 10/1998, de 21 de abril, de residuos.
- Resolución de 17 de noviembre de 1998, sobre la publicación del Catálogo Europeo de Residuos (CER).
- Decreto 34/1996, de 9 de enero, por el cual se aprueba el Catálogo de Residuos de Catalunya (CRC). Modificado por el Decreto 92/1999, de 6 de abril, y por la Resolución de 27 de octubre de 1999.
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el reglamento de la
- Ley 20/1986, de 14 de mayo, básica de residuos tóxicos y peligrosos, aprobado mediante el Real Decreto 833/1988, de 20 de junio.
- Decreto 161/2001, de 12 de junio, de modificación del Decreto 201/1994, de 26 de julio, regulador de los restos y otros residuos de construcción.
- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de responsabilidad medioambiental.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

Legislación referida a la contaminación acústica

- Resolución de 30 de octubre de 1995, por el cual se aprueba una ordenanza municipal tipo reguladora del ruido y las vibraciones.
- Ley 3/1998 de la intervención integral de la administración ambiental.
- Directiva 2002/49/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, del 25 de junio de 2002, sobre la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Ley 16/2002, de 28 de junio, de protección contra la contaminación acústica.

- Ley 37/2003 del 17 de noviembre, sobre el ruido.
- Decreto 245/2005, de 8 de noviembre, por el que se fijan los criterios para la elaboración de los mapas de capacidad acústica.
- Decreto 176/2009, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 16/2002, de 28 de junio, de protección contra la contaminación acústica, y se adaptan sus anexos.
- Decreto 21/2006, de 14 de febrero, por el que se regula la adopción de criterios ambientales y de ecoeficiencia de los edificios.
- Real Decreto 1675/2008, de 17 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código técnico de la edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se apruebo el Código Técnico de la Edificación.
- Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, por la que se modifican determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación, aprobados por el Real Decreto 216/2006, de 17 de mayo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 octubre.
- Real Decreto 524/2006, de 28 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno producidas por determinadas máquinas de uso al aire libre.
- Real Decreto 889/2006, de 21 de junio, por el que se regula el control metrológico del estado sobre los instrumentos de medida.
- Orden ITC/2845/2007, de 25 de septiembre, por la que se regula el control metrológico del estado de los instrumentos destinados a la medida del sonido audible y de los calibradores acústicos.

Legislación referida a la contaminación lumínica

- Ley 3/1998, de 27 de febrero, de la intervención integral de la Administración Ambiental.
- Ley 6/2001, de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Decreto 82/2005, de 3 de mayo, por el cual se aprueba el Reglamento de Desarrollo de la Ley 6/2001, de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno.

- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

6.4. BIBLIOGRAFÍA

Catalunya, Generalitat de. 2009. Ley 20/2009, de 4 de diciembre, de prevención y control ambiental de las actividades. *Diario Oficial de la Generalidad de Cataluña*. Barcelona : s.n., 2009. 5524.

Commission of the European Communities. 2008. *European Competitiveness Report 2008*. Brussels : s.n., 2008.

UE. 2001. *Libro Verde. Fomentar un marco europeo para la responsabilidad social de las empresas*. Brussels : s.n., 2001.

Departamento Medio Ambiente y Vivienda. 2007. *Guia d'impuls a la responsabilitat social empresarial*. Barcelona : ALTÉS arts gràfiques, SL, 2007.

DG Environment of the European Commission. 2009. *Study on the Cost and Benefits of EMAS to Registered Organisations*. Brussels : s.n., 2009.

IDAE. 2007. *Guía técnica de torres de refrigeración*. Madrid : Fondo editorial IDAE, 2007.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y MA. 2013. *MTD de referencia europea respecto a las emisiones generadas por el almacenamiento*. Madrid : Catálogo General de publicaciones de la Administración General del Estado, 2013.