

6- Medio ambiente

Índice

6.1 INTRODUCCIÓN.....	3
6.2 TIPOS DE CONTAMINACIÓN	5
6.2.1 Contaminación de las aguas	5
6.2.1.1 Legislación	6
6.2.2 Contaminación atmosférica	7
6.2.2.1 Legislación	8
6.2.3 Contaminación por residuos	10
6.2.3.1 Legislación	10
6.2.4 Contaminación acústica.....	11
6.2.4.1 Legislación	11
6.2.5 Contaminación lumínica.....	13
6.2.5.1 Legislación	13
6.2.6 Impacto visual	13
6.3 TRATAMIENTO EFLUENTES LÍQUIDOS DE LA PLANTA	14
6.3.1 Efluentes separador flash FS-204	14
6.3.1.1 Decantador centrífugo	14
6.3.1.2 Pervaporación ácido nítrico	16
6.3.2 Pervaporación isopropanol	19
6.3.3 Decantación	20
6.4 RESIDUOS SÓLIDOS.....	22
6.4.1 Destilación DC-205	22
6.4.2 Sólidos centrifugadora.....	25
6.4.3 Residuos procedentes del área 700, oficinas	26
6.4.4 Residuos procedentes del área 700	26
6.5 TRATAMIENTO DE EFLUENTES GASEOSOS DE LA PLANTA	27
6.6 BIBLIOGRAFÍA	28

6.1 Introducción

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente físico, químico o biológico o bien de una combinación de ellos en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la personas, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida animal o vegetal.

En la actualidad, el resultado del desarrollo y progreso tecnológico ha originado diversas formas de contaminación, las cuales alteran las vidas de las personas. Debido a esto, la actual contaminación se convierte en un problema más crítico que en épocas pasadas.

La mayoría de las personas perciben el problema de la contaminación. Por eso uno, se suele referir a ella como uno de los principales problemas del planeta. Pero conviene hacer un esfuerzo por concretar y abordar de una forma más precisa las distintas formas de contaminación y sus consecuencias.

Mientras las poblaciones humanas eran pequeñas y su tecnología modesta, su impacto sobre el medio ambiente fue solamente local. No obstante, al ir creciendo la población y mejorando y aumentando la tecnología, aparecieron problemas más significativos y generalizados. El rápido avance tecnológico producido tras la edad media culminó en la Revolución Industrial, que trajo consigo el descubrimiento, uso y explotación de los combustibles fósiles, así como la explotación intensiva de los recursos minerales de la Tierra. Fue con la Revolución Industrial cuando los seres humanos empezaron realmente a cambiar la faz del planeta, la naturaleza de su atmósfera y la calidad de su agua. Uno de los mayores causantes de la contaminación ambiental actual sin lugar a dudas es la industria.

Existen una serie de industrias que necesitan una gran cantidad de agua para funcionar. Como resultado del proceso de producción, muchas aguas llevan consigo desechos de la propia fábrica, que deberían previamente ser tratados y depurados, de acuerdo a la legislación y normativas ambientales vigentes. No todas, lamentablemente, cumplen con estos requisitos, constituyendo una de las causas más graves de contaminación y deterioro de los cauces de agua y el medio.

Actualmente no existe información completa sobre los contaminantes que se vierten en los cursos de agua, el aire o los suelos. Esto refleja un problema de contaminación encubierta, a veces de dimensiones desconocidas.

Por otro lado, existen miles de personas que conviven con industrias que perjudican su salud, directa o indirectamente y no disfrutan de su derecho a conocer los tóxicos a los que están expuestos, para poder tomar medidas preventivas o hacer valer su derecho a un medio ambiente sano, hasta que es demasiado tarde. Por suerte estos casos cada vez son menores.

El actual modelo industrial no es ecológicamente sostenible y no ha podido satisfacer las necesidades básicas para toda la humanidad. Son muestras de ello la depredación de recursos naturales no renovables para satisfacer el sobre consumo de productos en su mayoría no de primera necesidad; la producción de bienes generando volúmenes exorbitantes de residuos tóxicos y la consiguiente contaminación de los ríos, el aire y el suelo; la irreversible extinción de especies; el aumento de la incidencia de enfermedades por causas ambientales y la desaparición de suelos fértils y productivos dando lugar a enormes desiertos y mayor pobreza.

Pero esta situación poco a poco va cambiando, los gobiernos cada vez son más estrictos con la legislación medioambiental y las sanciones por incumplirla, y esto está llevando a la industria a adecuar sus procesos a no ser tan contaminantes, para poder cumplir con la legislación. Muchas industrias han tenido que cambiar su proceso o directamente cerrar debido a los altos costes de inversión y tratamiento que debían hacer para tratar los residuos originados en el proceso.

El modelo industrial tal como se conoce ha servido para satisfacer algunas necesidades humanas, pero también según algunos estudios y entendidos de la materia ha podido hipotecar el futuro medioambiental del planeta.

6.2 Tipos de contaminación

6.2.1 Contaminación de las aguas

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar contaminada por las actividades humanas pudiendo llegar a no ser útil, sino más bien nociva. Algunos factores que pueden contaminar las fuentes hídricas son:

- Agentes patógenos: bacterias, virus, parásitos...
- Desechos que requieren oxígeno: los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuáticas.
- Sustancias químicas inorgánicas: ácidos, compuestos de metales tóxicos (mercurio, plomo...)
- Nutrientes vegetales: pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies.
- Sustancias químicas orgánicas: petróleo, plásticos, plaguicidas, detergentes...
- Sólidos en suspensión: partículas insolubles que enturbian el agua.

La contaminación del agua por parte de la industria viene producida por los vertidos de aguas residuales.

Lista de principales sustancias contaminantes con límites de emisión al agua:

Compuestos organohalogenados

- Compuestos organofosforados.
- Compuestos organoestánicos.
- Hidrocarburos persistentes.
- Sustancias tóxicas.
- Cianuros.
- Metales y sus compuestos.
- Arsénico y sus compuestos.
- Biocidas y productos fitosanitarios.

- Materias en suspensión.
- Sustancias que contribuyen a la eutrofización (en particular nitratos y fosfatos).
- Sustancias que ejercen una influencia desfavorable sobre el balance de oxígeno (y computables mediante parámetros tales como DBO y DQO).

Tabla 6.2.1.1. Límites de vertido.

Temperatura	40°C
Ph	6-10
Sólidos en suspensión	750 mg/L
DQO	1500 mg/L O ₂
TOC	450 mg/L C
Aceites y grasas	250 mg/L
Cloruros	2500 mg/L
Conductividad	6000 mS/cm
Dióxido de azufre	15 mg/L SO ₂
Sulfatos	1000 mg/L SO ₄
Sulfuros totales	1 mg/L S ₂
Nitratos	100 mg/L NO ₃
Amonio	60 mg/L NH ₄
Nitrógeno orgánico y amoniacial	90 g/L N

6.2.1.1 Legislación

Real decreto 4/2007, del 13 de abril, por el que se modifica el texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto 1/2001, del 20 de julio. [1]

Reglamento metropolitano de vertido de aguas residuales, regulado por L'Entitat del Medi Ambient (EMA). BOP Núm. 142 14/06/2004. [2]

Decret 3/2003, del 4 de noviembre, por el cual se aprueba el texto refundido de la legislación en materia de aguas en Cataluña. [3]

Decret 83/1996 del 5 de marzo, sobre medidas de regulación de vertidos de aguas residuales. [4]

Resolución de 28 de abril de 1995, de la secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda por la cual se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros de 17 de febrero de 1995, por el que se aprueba el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales. [5]

Orden de 19 de febrero de 1987, normas complementarias en materia de autorizaciones de vertido de aguas residuales. [6]

Ley 5/1981, del 4 de junio, de evacuación y tratamientos de aguas residuales. [7]

Reglament Metroplotà d'abocament d'aigües residuals (Barcelona). Aprobación definitiva CM 3/06/2004 [8]

6.2.2 Contaminación atmosférica

Se considera contaminación atmosférica a la introducción en la atmósfera, por acción humana, directa o indirecta, de sustancias o de energía que tengan una acción nociva de tal naturaleza que ponga en peligro la salud del hombre, que cause daños a los recursos biológicos y a los ecosistemas, que deteriore los bienes materiales y que dañe o perjudique las actividades recreativas y otras utilizaciones legítimas del medio ambiente.

Las emisiones a la atmósfera tienen lugar en forma de gases, vapores y sólidos en suspensión.

Se puede clasificar los contaminantes atmosféricos en dos grandes grupos con el criterio de si han sido emitidos desde fuentes conocidas o se han formado en la atmósfera. Teniendo:

- Contaminantes primarios: Aquellos procedentes directamente de las fuentes de emisión. Suelen proceder de chimeneas y automóviles. Se consideran contaminantes primarios a las partículas en suspensión y a los hidrocarburos. Los contaminantes primarios más importantes son los

óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles (COV) como el CH_4 , el monóxido de carbono (CO) y los óxidos de azufre (SO_x).

- Contaminantes secundarios: Aquellos originados en el aire por la reacción entre dos o más contaminantes primarios., o por sus reacciones con los constituyentes normales de la atmósfera. Son contaminantes secundarios comunes el dióxido de nitrógeno (NO_2), formado a partir de óxido nítrico (NO) y el ácido sulfúrico (H_2SO_4), producido a partir de dióxido de azufre (SO_2).

Principales sustancias contaminantes con límites de emisión a la atmósfera:

- Óxidos de azufre y otros compuestos de azufre.
- Óxidos de nitrógeno y otros compuestos de nitrógeno.
- Monóxido de carbono.
- Compuestos orgánicos volátiles.
- Metales y sus compuestos.
- Polvos.
- Amianto (partículas en suspensión).
- Flúor y sus compuestos.
- Arsénico y sus compuestos.
- Cianuros.
- Sustancias y preparados respecto de los cuales se haya demostrado que poseen propiedades cancerígenas, mutágenas o pueden afectar a la reproducción a través del aire.
- Policlorodibenzodioxinas y policlorobenzofuranos.

6.2.2.1 Legislación

Unión Europea

Directiva 84/360/CEE, relativa a la lucha contra la contaminación atmosférica procedente de las instalaciones industriales, DOCE, 16 julio 1984. [9]

Directiva 96/62/CE, de 27 de septiembre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente, DOCE nº L 296, 21 de noviembre 1996. [10]

Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y el control integrados de la contaminación, DOCE, 10 octubre 1996. [11]

España

Ley 38/1972, 22 de diciembre de Protección del Ambiente Atmosférico. (BOE nº 309, de 26 de diciembre 1972). [12]

Decreto 833/1975, de 6 de febrero que desarrolla la Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico. (BOE nº 96, de 22 abril 1975). [13]

Orden de 18 octubre de 1976, sobre prevención y corrección de la Contaminación Atmosférica, Industrial (BOE nº 290, de 3 diciembre 1976). [14]

Cataluña

Ley 22/1983, de 9 de noviembre, de protección del ambiente atmosférico (DOGC nº 385, de 30 noviembre 1983). [15]

Decreto 322/1987, de 23 de septiembre, de despliegue de la Ley. DOGC nº 919, 25 noviembre 1987. [16]

Ley 7/1889, de 5 de junio, de modificación parcial de la Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (DOGC nº 1153, de 09 junio 1989). [17]

Ley 6/1996, de 18 de junio, de modificación de la Ley 22/83 de protección del ambiente atmosférico (DOGC nº 2223, de 28 junio 1996) (BOE, 7 agosto 1996). [18]

6.2.3 Contaminación por residuos

Por residuos industriales se entienden aquellos residuos generados en los procesos de fabricación industrial que no alcanzan ningún valor económico, muchas veces porque las técnicas aplicables para hacerlos útiles son caras y económicamente poco rentables.

Afortunadamente, está aumentando la reutilización de estos residuos, muchas veces como materia prima de otros procesos.

Hay varios tipos de residuos según su procedencia. La industria genera una gran cantidad de residuos sólidos: residuos sólidos urbanos, residuos peligrosos, residuos radioactivos, etc. Los residuos sólidos urbanos están constituidos por: restos de alimentos, papeles, cartones, plásticos, maderas, cenizas, ropas, vidrios, envases metálicos, etc. Los residuos peligrosos son aquellos materiales sólidos, pastosos, líquidos así como los gaseosos contenidos en recipientes que por su contenido, forma de presentación u otras características pueden considerarse como tales.

6.2.3.1 Legislación

Ley 42/1975, de 19 de noviembre, sobre desechos y residuos sólidos urbanos. [19]

Decreto 64/1982, de 9 de marzo, por el que se aprueba la reglamentación parcial del tratamiento de los desechos y residuos. [20]

Decreto 142/1984, de 11 de abril, de desdoblamiento parcial de la Ley 6/1983, de 7 de abril, sobre residuos industriales. [21]

Ley 20/1986, de 14 de mayo, básica de residuos tóxicos y peligrosos. [22]

Resolución de 16 de octubre de 1995, por la que se hace público el Acuerdo de Gobierno de aprobación del Programa general de residuos de Cataluña. [23]

Decreto 399/1996, de 12 de diciembre, por lo que se regula el régimen jurídico del fondo económico previsto en el Decreto Legislativo 2/1991, de 26 de septiembre, por el que se aprueba el refundido de los textos legales vigentes en materia de residuos industriales. [24]

6.2.4 Contaminación acústica

El ruido se define como cualquier sonido calificado, por quien lo sufre, como algo molesto, indeseable e irritante. A su vez, se define la contaminación acústica como aquella que se genera por un sonido no deseado, que afecta negativamente a la calidad de vida y sobre todo, a aquellos individuos que desarrollan actividades industriales y a los que usan con bastante frecuencia determinados vehículos para poder desplazarse.

El ruido industrial está originado fundamentalmente por el funcionamiento de los diferentes tipos de máquinas existentes en estos lugares y, en general por toda su actividad interna. La progresiva molestia que produce el ruido industrial está relacionada directamente con toda una serie de factores objetivos, tales como el aumento del nivel de industrialización en todo el mundo, la paulatina concentración de la actividad industrial en espacios limitados y el aumento de la potencia de las máquinas.

6.2.4.1 Legislación

Unión Europea

Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados del ruido. [25]

España

Ley del Ruido (Ley 37/2003) [26]

RD 1513/2005, de 16 de diciembre, por lo que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. [27]

Norma básica de edificación NBE-CA-88 sobre las condiciones acústicas de los edificios. [28]

RD 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 aprueba el Código Técnico de la Edificación. [29]

Código Civil (Artículos relevantes para el tema del ruido)

Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico, derogada por LEY 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. [30]

Ley 7/1985, Reguladora de las Bases del Régimen Local [31]

Cataluña

Ley 16/2002, de protección contra la contaminación acústica [32]

Llei 3/1998 de la intervenció integral de l'Administració ambiental Decret 36/1999 pel qual s'aprova el Reglament general de desplegament de la Llei 3/1998 i s'adapten els seus annexos. [33]

Ordenança municipal tipus, reguladora del soroll i les vibracions.

6.2.5 Contaminación lumínica

Es toda la luz que se emite o escapa por encima de la horizontal de las luminarias en una instalación de alumbrado de exteriores. Produce un halo luminoso o resplandor al iluminar las partículas de polvo o agua que el aire contiene en suspensión. Cuando hay nubes, la base de éstas se ve iluminada. También se considera como contaminación lumínica a toda la luz que escapa fuera de la zona que se quiere iluminar, es decir, toda la energía luminosa desaprovechada, ya que directa o indirectamente tiene efectos perjudiciales sobre el medio ambiente.

6.2.5.1 Legislación

Ley 6/2001, de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno. (DOGC nº 3407, de 12.06.01). [34]

Decreto 82/2005, de 3 de mayo, por el que 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. (DOGC nº 4378, de 05.05.05). [35]

6.2.6 Impacto visual

La construcción de una planta industrial nunca es aceptada por la población, ya que aparte el peligro y la contaminación que puede generar la planta, tiene un impacto estético en el medio que la rodea. Por ese motivo se intenta a la hora de construir la planta integrarla estéticamente con la zona que le rodea y acondicionar zonas ajardinadas y plantaciones de árboles.

6.3 Tratamiento efluentes líquidos de la planta

6.3.1 Efluentes separador flash FS-204

En la planta hay varias corrientes procedentes de diversas zonas que hay que tratar. Una de ellas es la que sale por cabezas en el primer separador flash (FS-204). En ese flash el producto deseado, el 1-nitronaftaleno, sale por colas.

La corriente a tratar es una mezcla en su mayor parte de agua junto con ácido nítrico y 1-nitronaftaleno. Ninguno de los tres productos puede considerarse un residuo porque sirven de materias primas en el proceso, por lo que interesa una separación de estos para poder reutilizarlos.

6.3.1.1 Decantador centrífugo

A la salida del flash FS-204, hay un intercambiador de calor (EX-1001) donde se baja la temperatura de la corriente de cabezas de 105°C a unos 25°C (temperatura de operación del decantador). Así, al descender la temperatura, el 1-nitronaftaleno precipita como sólido ($T_{\text{fusión}}=59^{\circ}\text{C}$). Sin embargo, como la cantidad de este compuesto es muy pequeña comparada con la de agua y ácido nítrico, no se considera que haya problemas de obstrucciones en las tuberías y, de esta forma, éste estará en suspensión en la mezcla.

Como medidas preventivas, se hace circular el fluido de proceso por carcasa y se tiene un intercambiador análogo y adicional en el caso de recambio. De esta forma, en el caso de que existieran incrustaciones de sólido, dicho intercambiador se limpiaría y en su defecto se sustituiría por su homólogo.

Posteriormente, dicha corriente se llevará a un decantador rotatorio donde se separará el 1-nitronaftaleno (sólido en suspensión) de la corriente de agua y ácido nítrico para, a continuación, poder tratarla ya sin ningún sólido.

La corriente a decantar ingresa en el decantador por la intersección de la parte cónica y cilíndrica del rotor, a través de un tubo de alimentación situado en el centro del eje hueco. La cámara posee 4 orificios para alimentar al rotor.

Luego de salir por el tubo, los sólidos en suspensión se distribuyen en el líquido que gira alrededor del rotor y se van acelerando poco a poco hasta conseguir la velocidad de rotación máxima.

La fuerza centrífuga hace que los sólidos en suspensión se vayan depositando en la parte interior del rotor.

La separación de los sólidos tiene lugar a lo largo de toda la parte cilíndrica del rotor y el líquido clarificado sale por su extremo de mayor diámetro por desbordamiento a través de salidas ajustables en diámetro.

Los sólidos salen por el extremo de menor diámetro, por la fuerza centrífuga que los impulsa hacia las aberturas de salida.

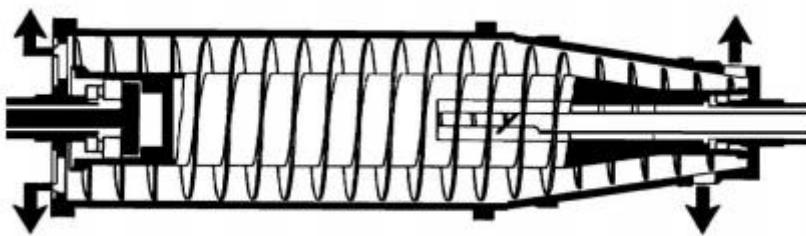


Figura 6.3.1.1.1 Decantador centrífugo.

De esta forma ya se obtiene por separado el 1-nitronaftaleno en forma sólida, que se puede reutilizar y, por otro lado, una disolución de ácido nítrico y agua.

Se recuperan, por lo tanto, 10 kg/h, lo que suponen 240 kg/día de 1-nitronaftaleno. Este 1-nitronaftaleno se irá acumulado en un tanque de almacenamiento y cada 20 días aproximadamente habrá acumulado unos 4800 kg, por lo que suplirá la producción de un batch de nitración durante ese día. [36]

6.3.1.2 Pervaporación separación ácido nítrico

La corriente de agua y ácido nítrico no puede separarse mediante un flash debido a que tales compuestos forman un azeótropo (68% composición másica en HNO₃). Por esta razón, se separa mediante un mecanismo de separación por membranas llamado pervaporación.

La pervaporación es una tecnología de membranas utilizadas para separar mezclas líquidas, especialmente en la deshidratación de alcoholes, principalmente etanol e isopropanol. El término pervaporación es una contracción de los términos permeación y evaporación, ya que se trata de un proceso en el cual una mezcla líquida se pone en contacto con una membrana selectiva y uno de los componentes de la mezcla se transporta mediante permeación preferencial a través de la membrana, saliendo en fase vapor del otro lado de la membrana como se muestra en la *Figura 6.3.1.2.1*.

Una membrana es una estructura interpuesta entre dos fases fluidas, actuando como barrera selectiva en relación al transporte de materia entre las fases adyacentes a ella. Debido a que sólo es necesario evaporar una fracción de la mezcla, el consumo de calor latente es inferior al requerido en destilación, lo cual representa una gran ventaja de la pervaporación en la separación de azeótropos y mezclas de componentes cuyo punto de ebullición está cercano, así como para eliminar sustancias presentes en bajas concentraciones. Además, esta tecnología permite separar compuestos sensibles a la temperatura, ya que no es necesario calentar la mezcla a la temperatura de ebullición.

[39]

El vapor obtenido como permeado es rico en el componente que permea de forma preferente y se condensa para posteriores tratamientos; mientras, el retenido se enriquece en el otro componente y puede ser utilizado en otro proceso o reciclado.

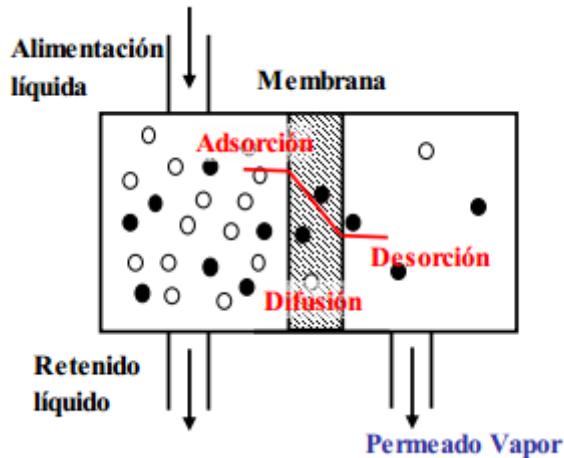


Figura 6.3.1.2.1. Diagrama del mecanismo de pervaporación a través de membrana.

La pervaporación tiene lugar en tres etapas fundamentales: adsorción de los componentes de la mezcla líquida en la membrana, difusión de los compuestos adsorbidos a través de la membrana y desorción en el lado del permeado, con un efecto calorífico. Las membranas de pervaporación se escogen por su alta selectividad, y suelen ser densas, es decir, no porosas.

La fuerza impulsora de la transferencia de materia a través de una membrana de pervaporación es el gradiente de potencial químico del componente que permea desde el líquido de alimentación hasta el vapor del permeado. Se expresa generalmente como gradiente de presiones parciales o de actividad de dicho compuesto. La fuerza impulsora se puede establecer de dos maneras para mantener una presión total reducida en el lado del permeado: aplicando vacío o mediante una purga con un gas de arrastre. Este último sistema es poco frecuente.

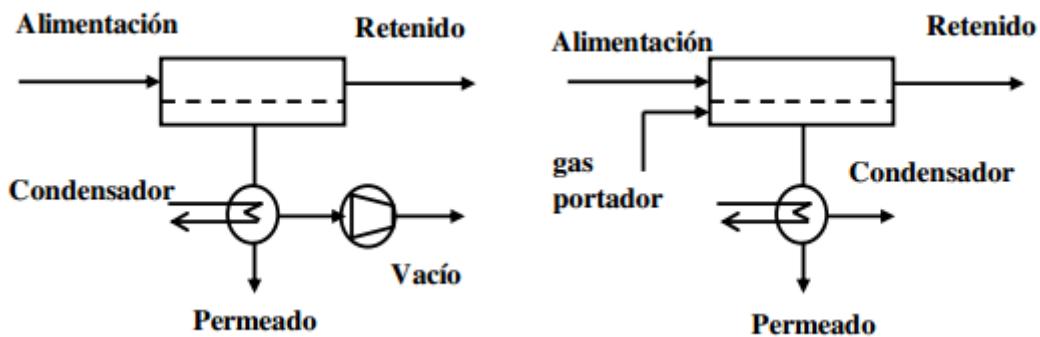


Figura 6.3.1.2.2. Esquemas generales de una unidad de pervaporación a vacío (izquierda) y con gas de arrastre (derecha).

El rendimiento de una membrana de pervaporación en la separación de una mezcla se caracteriza evaluando tres aspectos: la productividad de la membrana, la selectividad y la estabilidad de la membrana.

De esta forma, se consigue una separación de ácido nítrico de prácticamente un 100%.

Por lo tanto, se recuperan 1135 kg/día de ácido nítrico que será reutilizado en la nitración. Antes de utilizarlo se tiene que ir acumulando este ácido nítrico en un tanque de almacenamiento (T-1001) y una vez llega a un cierto nivel se le añade la cantidad de agua necesaria para llegar a una concentración del 63%, que es a la que se utiliza en este proceso. Esto supone que cada 4 días se llenará el tanque y el contenido será enviado a los respectivos tanques de almacenamiento del área 100.

6.3.2 Pervaporación separación isopropanol

En el efluente procedente del destilado (DC-302), en el cual se ha separado la 1-naftilamina formada en la hidrogenación, se pretende separar el agua y el isopropanol. Debido a que estos dos compuestos forman un azeótropo (96% composición másica en isopropanol), resulta imposible realizar un flash para conseguir la separación de ambos.

El método elegido para la separación del agua y el isopropanol es la pervaporación. Este mecanismo de separación para el isopropanol y el agua funciona de la misma forma que el explicado anteriormente para separar el ácido nítrico y el agua. Previamente a esta operación, la mezcla se enfriá hasta los 36°C en el intercambiador de calor EX-1002.

Para la separación de agua e isopropanol se utilizan membranas hidrófilas, a través de las cuáles se produce la permeación preferencial del agua, para la deshidratación del isopropanol. Estas membranas separan el agua con flujos y selectividades variables en función de la estructura química de su capa activa así como de su morfología. La mayoría de las membranas hidrófilas disponibles en el mercado están hechas de alcohol polivinílico, más o menos entrecruzado mediante agentes especiales o temperatura para proporcionar la resistencia química necesaria en medios ácidos o solvatados.

De esta forma, se obtiene el isopropanol para volver a ser utilizado como disolvente en la hidrogenación y el agua que puede volver a ser utilizada en el proceso o como agua de limpieza.

Esto supone una recuperación de isopropanol de unos 1490 kg/h y 660 kg/h de agua.

El isopropanol sale de la pervaporación a una concentración muy elevada, por lo que antes de volverlo a utilizar en la hidrogenación, hay que diluirlo al 85%. Para esta reutilización, el isopropanol que va saliendo de la pervaporación se irá acumulando en un tanque (T-1002) y una vez llegue a un cierto nivel, se le añadirá el agua necesaria para que tenga una concentración de un 85%. De este tanque se enviará al T-109 (área 100) donde se almacenará hasta que se necesite de nuevo su utilización en el hidrogenador. Este proceso de recuperación de isopropanol permite recuperarlo cada hora y es enviado al tanque de almacenamiento del área 1000 una vez alcanzado el volumen deseado.

6.3.3 Decantación

La corriente de salida de la hidrólisis (R-401 y R-402) está formada por una mezcla de 1-naftol (producto deseado), agua, ácido sulfúrico, sulfato de amonio y 1-naftilamina que no ha reaccionado. El sulfato de amonio se ha formado como consecuencia de la reacción secundaria entre el ácido sulfúrico y el amoniaco producido en la reacción principal; pero no todo el ácido sulfúrico reacciona porque está en exceso en comparación con el amoniaco, por lo que también estará presente una vez acabe tal reacción.

En esta mezcla se pueden diferenciar dos fases: una fase orgánica formada por el 1-naftol y 1-naftilamina y una fase acuosa formada por agua, sulfato de amonio y ácido sulfúrico.

Para llevar a cabo la separación, esta corriente se lleva a una balsa de decantación, dejando un tiempo suficiente para que se separen bien las dos fases, ya que la corriente sale muy bien mezclada de la hidrólisis. La decantación se lleva a cabo a 98.5°C para que el 1-naftol no solidifique y se pueda realizar correctamente la separación. La fase orgánica quedará en la parte superior, debido a una densidad menor que la fase acuosa, en la que predomina el ácido sulfúrico. La fase acuosa será extraída primero por la parte inferior y, a continuación, la fase orgánica, que es el producto final deseado y se tiene que acabar de cristalizar para obtener la máxima pureza posible.



Figura 6.3.3.1 Decantador industrial.

Planta de producción de 1-naftol

6. Medio ambiente

Por lo tanto, la fase acuosa está formada por 162.8 kg de agua, 2056 kg de ácido sulfúrico y 2619.4 kg de sulfato de amonio. Una vez se ha extraído esta fase del decantador, se almacenará en un tanque (T-1005) previo paso por un intercambiador de calor que desciende su temperatura hasta los 30°C aproximadamente.

De nuevo, el fluido de proceso pasará por el interior de la carcasa del intercambiador, evitando así la formación de incrustaciones en los tubos, y facilitando su limpieza. Además, al ser un proceso en discontinuo, se dispone de un máximo de 4 horas para poder limpiar o cambiar dicho intercambiador antes posibles incrustaciones de sulfato de amonio.

Debido a que no se puede realizar ningún tratamiento en la planta para la separación de estos productos, se han encontrado dos alternativas para darle salida a este subproducto del proceso.

En primer lugar, pasará a formar parte de la bolsa de subproductos de Cataluña, porque este producto puede ser necesario como materia prima para otro proceso producto o porque directamente puede interesar el producto.

En el caso que no tenga salida comercial, habría que contactar con un gestor de residuos que se encargaría del transporte y de la gestión de este residuo. El proceso que hay que seguir para que el gestor se haga cargo del residuo, se explica en el apartado de residuos sólidos.

Sea cual sea la salida final, vendrá un camión cada 4 días para transportar este producto a su destino final.

6.4 Residuos sólidos

6.4.1 Destilación DC-205

En la destilación (DC-205) que hay después del primer flash FS-204, hay dos corrientes de salida, por un lado el destilado compuesto por agua y 1-nitronaftaleno y por otro lado por colas sale 2-nitronaftaleno, 1-nitronaftaleno y 1,5-dinitronaftaleno. Estos tres compuestos salen en forma líquida pero en condiciones estándar son sólidos y, en primer lugar, se enfrián de nuevo en un intercambiador de calor (EX-1005). Estos sólidos se irán acumulando en un tanque de almacenamiento (T-1004) y cada semana un gestor de residuos será el encargado de transportarlos hasta las plantas de tratamiento. Una vez el tanque de almacenamiento ya está lleno y seco, este subproducto se guardará en big bags para transportarse en los camiones proporcionados por el gestor hasta su punto de tratamiento.

El tanque de almacenamiento tendrá un sistema de aireación para ir enfriando el sólido equipado con una salida hacia el *scrubber* del área 900. Así, por razones de seguridad, se instala esta salida debido a que los compuestos sólidos almacenados son tóxicos y, por lo tanto, podrían desprender gases tóxicos que deben ser neutralizados en dicho *scrubber*.

La primera opción sería darle salida comercial mediante la bolsa de subproductos de Cataluña, pero no se ha encontrado demanda de estos productos, por lo que habría que recurrir a un gestor de residuos. Este gestor de residuos se encarga del transporte y de la gestión de dichos residuos ante la imposibilidad de realizarse tratamiento alguno en la planta. Se recurre a un gestor porque estos residuos no son asimilables a uno de municipal y, por consiguiente, se tienen que seguir los siguientes pasos con tal que este residuo se gestione correctamente a través de plantas externas (gestores autorizados):

1. Se tiene que codificar el residuo según el Catálogo europeo de residuos (CER).
2. Según esta codificación, se tiene que clasificar el residuo en:
 - Especial (en el CER se identifican con un *).
 - No especial

3. Si no se está de acuerdo con la clasificación del CER por lo que hace al residuo en cuestión, se puede presentar una analítica llevada a cabo por un laboratorio acreditado por el ARC con tal que esta considere la reclasificación del residuo y determine la vía de gestión más adecuada.

4. Se tiene que codificar el residuo según el Catálogo europeo de residuos (CER). Esta clasificación permite determinar cuál es el tipo de tratamiento/valorización más adecuado para el residuo.

5. De todas las posibles vías de gestión que el Catálogo de residuos de Cataluña (CRC) estipula para el residuo, el productor escoge como preferente la valorización del residuo.

6. Si el productor del residuo no está de acuerdo con las opciones de valorización/tratamiento que aparecen en el CRC por el residuo, puede presentar una analítica llevada a cabo por un laboratorio acreditado por el ARC con tal que esta considere la reclasificación del residuo y determine la vía de gestión más adecuada.

7. Se tiene que poner en contacto con un gestor autorizado (gestor de residuos industriales) con tal que valorice/trate el residuo en cuestión.

8. Si es necesario, se tiene que poner en contacto con un transportista autorizado (transportistas de residuos industriales) con tal que transporte el residuo desde el productor hasta el gestor.

Planta de producción de 1-naftol

6. Medio ambiente

Entre los posibles gestores de residuos sólidos se ha contactado con Grecat. Es una empresa encargada de la gestión de residuos especiales de Cataluña. Tienen una planta de tratamiento en Tarragona y otra en Barberà del Vallès. Se ha puesto en contacto con dicha empresa y el tratamiento adecuado para este residuo es la incineración.

Los gastos derivados del transporte son de 276€ por camión, mientras que el coste de incineración por tonelada es de 250€. Los costes totales tanto de transporte y de gestión de este residuo al año son de 275550€. Así, todos estos costes se tendrán en cuenta en el apartado dedicado a la evaluación económica del presente proyecto.

6.4.2 Sólidos centrifugadora

En la centrifugadora del área 500, en la que se lleva a cabo la purificación del 1-naftol, entra el naftol sólido y la naftilamina líquida. Este equipo permite la separación del naftol de la naftilamina y trazas de agua.

La naftilamina, a continuación de ser separada, se enfriará a 25°C y se almacenará en un tanque (T-1006) en el cual se irá acumulando durante 7 días. Una vez el tanque de almacenamiento se llene, será reutilizada en la hidrólisis.

De esta forma, cada 7 días se podrá obtener un mayor nivel de producción como consecuencia de una mayor cantidad de 1-naftilamina en los reactores de hidrólisis R-401 & R-402.

Finalmente, destacar una vez más que, tal y como se ha comentado anteriormente, este tanque de almacenamiento de 1-naftilamina sólida irá equipado con una salida de gases hacia el *scrubber* ubicado en el área 900.

6.4.3 Residuos procedentes del área 700, oficinas

Estos residuos son los propios generados en cualquier ambiente de trabajo en oficinas: papel, cartón... Estos residuos son gestionados mediante el sistema de recogida selectiva municipal. Estos residuos no tienen que transportarse, sino que el camión de recogida municipal es el encargado de ir hasta la planta de producción para recogerlos.

6.4.4 Residuos procedentes del área 700, laboratorios

Estos residuos dependen de los experimentos que se lleven a cabo en los laboratorios, pero entre ellos se encontraran: compuestos, soluciones acuosas, soluciones ácidas, soluciones básicas, plástico, vidrio... Para su tratamiento, aquellos productos que sean de naturaleza complicada serán recogidos por una empresa especializada, mientras que el resto estará vinculado al sistema de recogida selectiva municipal.

6.5 Tratamiento de efluentes gaseosos de la planta

El área 900 es la zona reservada para el tratamiento de gases de la planta y también es donde se sitúan los equipos de actuación en caso de emergencia.

Esta zona constará de dos tanques de recogida o *catch tanks* de 25 m³ de capacidad, a los que estarán conectados los reactores y columnas de destilación de la planta.

En el caso que ocurra un aumento de temperatura o de presión descontrolado, los tanques y reactores disponen de una válvula de venteo y una disco de ruptura, los cuales se abrirán y romperán respectivamente, para evacuar una parte del contenido hasta que se recuperen las condiciones de operación normales y ya no haya peligro.

El contenido de estos equipos pasará a los tanques de recogida, en los que debido a la alta temperatura a la que llega habrá tanto líquido como gas. Estos tanques constarán de dos salidas con tal de separar el gas del líquido.

Los gases saldrán por la parte de arriba. Pero estos gases no pueden emitirse a la atmósfera debido a que en la mayor parte del proceso se trabaja con ácidos, por lo que los gases contendrán sustancias ácidas y tienen que ser tratados. Por lo tanto, a la salida del tanque de recogida se pasará a un *scrubber*, en el cual se hace circular una corriente líquida de sosa o potasa en contracorriente con tal de poder neutralizar los gases e interceptar posibles partículas que pueda arrastrar el gas y, de esta forma, poder ser emitidos a la atmósfera. La corriente de agua de lavado, una vez acabado este proceso, deberá ser tratada de la manera adecuada.

La otra salida de los tanques de recogida, está en la parte inferior de estos, y será por la que saldrán los líquidos que hayan quedado en el tanque. Dependiendo del contenido evacuado deberán tomarse una serie de medidas.

También se utilizará un *scrubber* para realizar el lavado de gases del aire de secado utilizado para secar el contenido de tanque de almacenamiento de los diferentes tipos de nitronaftalenos y naftilamina. Este aire puede contener partículas sólidas en suspensión o algún gas tóxico, por lo que antes de emitirse a la atmósfera se pasa por dicho equipo para asegurar una buena limpieza del aire.

6.6 Bibliografía

- [1] http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-7865
- [2] <http://www.ub.edu/ossma/mediambient/residus/valors-limit.pdf>
- [3] http://www.agenciatributaria.es/static_files/AEAT/DOPRI/Fisterritorial/Autonomica/Comun/ContRelacionados/ComTributos/Catalunia/2012/canon_agua %20exacciones_2012.pdf
- [4] <http://www.miliarium.com/legislacion/aguas/ccaa/Catalunya/decreto83-96.asp>
- [5] http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/res280495-moptm.html
- [6] http://iq.ua.es/MedioAmbiente/Agua,_tecnologias_de_tratamiento_y_medio_ambiente/Usos_files/LegislacionAguasResiduales.pdf
- [7] <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOGC-f-1981-90005>
- [8] <http://badalona.cat/portalWeb/getfile%3Bjsessionid=yJlnTWpp27z5T88LGj1XTsZlC8yS6bT5GlCtvN1wl8Rdp5fYWlh!1228572844?dID=15952&rendition=web>
- [9] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1989-80554>
- [10] <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1996-81917>
- [11] [http://www.prtr-es.es/data/images/Directiva%2096-61%20\(IPPC\)-8AC74FB2F68AFD3F.pdf](http://www.prtr-es.es/data/images/Directiva%2096-61%20(IPPC)-8AC74FB2F68AFD3F.pdf)
- [12] http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1972-1885
- [13] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1975-8450
- [14] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1976-24477
- [15] <http://www.boe.es/buscar/pdf/1984/BOE-A-1984-1552-consolidado.pdf>
- [16] [http://www20.gencat.cat/docs/dmah/Home/Ambits%20dactuacio/Atmosfera/Qualitat%20de%20aire/Oficina%20Tecnica%20de%20Plans%20de%20Millora/Pla%20per%](http://www20.gencat.cat/docs/dmah/Home/Ambits%20dactuacio/Atmosfera/Qualitat%20de%20aire/Oficina%20Tecnica%20de%20Plans%20de%20Millora/Pla%20per%20)

Planta de producción de 1-naftol

6. Medio ambiente

[20a%20la%20millora%20Barcelona/Tramitacio,%20aprovacio%20i%20contingut%20de%20Pla/capitulo1.1.pdf](#)

[17] http://www.gencat.cat/mediamb/informacio_publica/pamqa/capitol1_diagnosi.pdf

[18] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1996-18131

[19] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1975-23921

[20] www.coec.cat/descargas.php?doc=legislacio_residus.pdf

[21] http://www.traficoadr.com/Estudio_Juridico_Residuos_4_Peligrosos_Anexos_I_VI.htm

[22] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1986-12192

[23] <http://www.gencat.es:8000/mediamb/revista/rev29-8-c.htm>

[24] <http://www.icog.es/files/PNIR3.pdf>

[25] http://europa.eu/legislation_summaries/employment_and_social_policy/health_hygiene_safety_at_work/c11148_es.htm

[26] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-20976>

[27] http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-18397

[28] <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1988-23328>

[29] <http://www.boe.es/boe/dias/2007/10/23/pdfs/A42992-43045.pdf>

[30] <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-19744>

[31] <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1985-5392>

[32] <http://www.boe.es/boe/dias/2002/07/25/pdfs/A27465-27481.pdf>

[33] <http://83.247.129.61/portal/site/interior/menuitem.8384cfa623b910cf65d789a2b0c0e1a0/?vgnextoid=6c66d590c1ed4210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnextchannel=6c66d590c1ed4210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnextfmt=default>

[34] http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2001-11962

Planta de producción de 1-naftol

6. Medio ambiente

- [35] <http://www.csd.gob.es/csd/estaticos/inst-dep/armonizacion-juridica/077.pdf>
- [36] http://www.woerh.com/pdf/decantador_centrifugo_iota_355_web.pdf
- [38] Ángel V. Ortuño. “Introducción a la química industrial”; Editorial Reverté, S.A., 1994, España
- [39] <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10683/1de8.CCCcap1.pdf?sequence=2>
- [40] http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6233/4/03_Mem%C3%B3ria.pdf