



Eco-innovación en Procesos Industriales

Gestión en las Industrias de la Eco-innovación

Año de realización 2010-2011

PROFESOR/A
Emilio Nieto Gallego



Esta publicación está bajo licencia Creative Commons Reconocimiento, No comercial, Compartirigual, (by-nc-sa). Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte del mismo siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia. Más información: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>



"El FSE invierte en tu futuro"

Índice

1. Introducción al Cambio Climático.....	5
1.1. Introducción.....	5
1.2. Conceptos Básicos	7
1.3. Indicadores de sostenibilidad: la huella ecológica.....	15
1.4. Marco Legal.....	19
1.5. Propuestas de alternativas hacia la sostenibilidad	21
1.6. Ejemplos de buenas prácticas	22
2. Evaluación Ambiental	23
2.1. Introducción a la Evaluación Ambiental.....	23
2.2. Antecedentes.....	23
2.3. Tipos de Evaluación Ambiental	24
2.4. Evaluación del Impacto Ambiental (EIA)	25
2.5. Estudios para la evaluación del impacto ambiental	26
2.5.1. Etapas del Estudio de Impacto Ambiental (EslA)	27
2.5.2. Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)	29
2.6. Realización de la evaluación del impacto ambiental	33
2.7. Evaluación del impacto ambiental en España	35
2.8 Variables Ambientales	36
2.8.1. Hidrología	36
2.8.2. Calidad del agua.....	37
2.8.3. Suelos	38
2.8.4. Geodinámica	39
2.8.5. Biota	40
2.8.6. Sosiego público	41
2.8.7. Variables socio-económicas.....	41
2.9. Impactos ambientales potenciales de infraestructuras	43

- 2.10. Impactos ambientales potenciales de actividades agrícolas y estales 49
- 2.11. Impactos ambientales potenciales de industrias 51
- 2.12. Riesgos en la industria..... 52

- 3. Herramientas Básicas para la Mejora de la Calidad y la Productividad 61**
 - 3.1. Árbol de Problemas..... 61
 - 3.2. Árbol de Objetivos..... 63
 - 3.3. Diagrama de Pareto 64
 - 3.4. Diagrama Causa-Efecto 69
 - 3.5. Seis Sigma..... 70
 - 3.6. Metodología 5S 78
 - 3.7. Diseño de Puestos de Trabajo 82
 - 3.8. Análisis de Problemas y Toma de Decisiones (Metodología 8D) .. 83
 - 3.9. Metodología Mantenimiento Integrado en Producción (TPM) 84
 - 3.10. Sistema de Sugerencias 85
 - 3.11. Metodología Kanban 85
 - 3.12. Análisis del Rendimiento Global de una Máquina o Instalación.. 85
 - 3.13. Lean Manufacturing 86
 - 3.14. Cambio Rápido de Herramientas (SMED) 89
 - 3.15. Análisis de Valor de los Procesos (VSM) 89
 - 3.16. Sistema Pull de la Cadena Productiva..... 90

- 4. Ejemplos de Innovación Medioambiental en Procesos Industriales 94**
 - 4.1. La industria Cerámica..... 94
 - 4.2. Gestión de Aguas y Gases Residuales en el Sector Químico 99
 - 4.3. Industria de Alimentación, Bebidas, y Leche (ABL)..... 108

4.4. Industria de la Pasta y el Papel.....	112
4.5. Industria de la Refinerías de Petróleo	120
4.6. Industrias del Tratamiento de Residuos	122
4.7. Industria Textil.....	125

Bibliografía.....	142
--------------------------	------------

Anexos	144
---------------------	------------

Anexo 1.- Guía para la Evaluación Ambiental del Ministerio de Medioambiente MMA	144
Anexo 2.- Guía para la Evaluación Ambiental Estratégica de la OCDE ...	145
Anexo 3.- Nota Técnica de Evaluación Ambiental y Prevención de Desastres del Banco Mundial	146

1. Introducción al Cambio Climático

1.1. Introducción

El cambio climático, que hasta hace unos días era un tema discutido principalmente en contextos científico-técnicos, ha pasado hoy a tener omnipresencia en los medios de comunicación de más repercusión ciudadana y a ser considerado un tema que concierne a todas las sociedades y a todos sus sectores, una crisis global que exige acción local.

Dos informes relevantes ponen de manifiesto que el cambio climático es un hecho científico explicable:

- El reciente Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC).

Tras la última reunión del IPCC, celebrada en Bangkok en mayo del 2007 se elaboró el Cuarto Informe de Evaluación de IPCC en el que se marcan las directrices para los responsables de políticas ante el cambio climático.

El Cuarto Informe de Evaluación del IPCC describe el estado actual del conocimiento científico de las causas dominantes del cambio climático, el cambio climático observado, los procesos y atribución del clima, y un rango de cálculos del cambio climático futuro proyectado. Está basado en las evaluaciones anteriores del IPCC, e incorpora los resultados de las investigaciones de los seis últimos años.

Las contribuciones de los distintos grupos de trabajo al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC son:

- Contribución del Grupo de trabajo I
El Grupo de trabajo I evalúa los aspectos científicos del sistema climático y el cambio climático.
- Contribución del Grupo de trabajo II
El Grupo de trabajo II evalúa la vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos y naturales al cambio climático, las consecuencias negativas y positivas de dicho cambio y las posibilidades de adaptación al mismo.
- Contribución del Grupo de trabajo III
El Grupo de trabajo III evalúa las posibilidades de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero y de atenuar los efectos del cambio climático.

Estos trabajos no dejan lugar a dudas: el calentamiento global, producido por las emisiones antropogénicas, supondrá un aumento de la temperatura del planeta de entre 1,8°C y 4°C, considerando los escenarios más probables, lo cual puede ser catastrófico para la biodiversidad y para nuestra especie.

- El Informe Stern sobre la economía del cambio climático (“*Stern Review on the Economics of Climate Change*”).

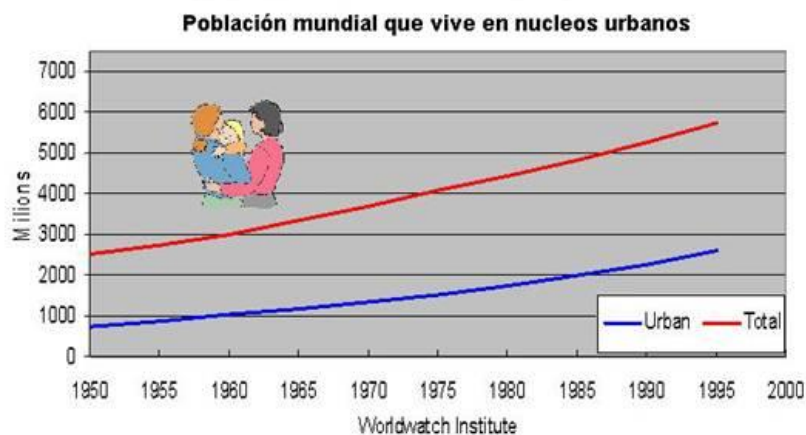
Informe sobre el impacto del cambio climático y el calentamiento global sobre la economía mundial. Este informe cuantifica el coste respecto del producto interior bruto (PIB) que tendrían las consecuencias del cambio climático sobre la economía con y sin intervención para mitigarlas.

Sus principales conclusiones afirman, desde el punto de vista de la economía convencional, que se necesita una inversión equivalente al 1% del PIB mundial para mitigar los efectos del cambio climático y que de no hacerse dicha inversión el mundo se expondría a una recesión que podría alcanzar el 20% del PIB global.

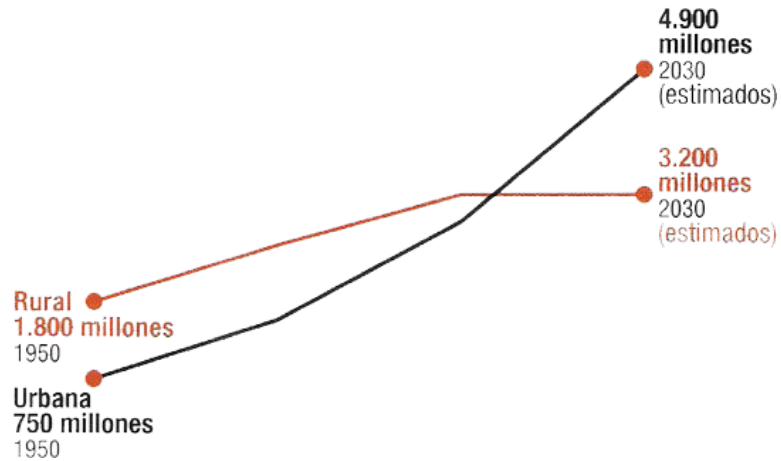
El informe también sugiere la imposición de “ecotasas” para minimizar los desequilibrios socioeconómicos.

En los últimos informes del Worldwatch Institute centrados en el ámbito urbano se revela que ya a mediados del año 2008 alrededor de 3.200 millones de humanos, o sea la mitad de la población mundial vive en ciudades.

Aunque las ciudades sólo ocupan el 0,4% de la superficie terrestre, son responsables de la mayor parte de las emisiones de carbono, lo que las convierte en un elemento clave para mitigar la crisis del clima.



Población urbana mundial



Población mundial - zonas rurales y urbanas

1.2. Conceptos básicos

Cambio climático: Por “cambio climático” se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

El estudio del clima es un campo de investigación complejo y en rápida evolución, debido a la gran cantidad de factores que intervienen. El clima de la Tierra nunca ha sido estático. Como consecuencia de alteraciones en el balance energético, está sometido a variaciones en todas las escalas temporales, desde decenios a miles y millones de años. Entre las variaciones climáticas más destacables que se han producido a lo largo de la historia de la Tierra, figura el ciclo de unos 100.000 años, de períodos glaciares, seguido de períodos interglaciares.

Se llama cambio climático a la variación global del clima de la Tierra. Es debido a causas naturales y también a la acción del hombre y se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc. El término “efecto de invernadero” se refiere a la retención del calor del Sol en la atmósfera de la Tierra por parte de una capa de gases en la atmósfera. Sin ellos la vida tal como la conocemos no sería posible, ya que el planeta sería demasiado frío. Entre estos gases se encuentran el dióxido de carbono, el óxido nítrico y el metano, que son liberados por la industria, la agricultura y la combustión de combustibles fósiles. El mundo industrializado ha conseguido que la concentración de estos gases haya aumentado un 30% desde el siglo pasado, cuando, sin la actuación humana, la naturaleza se encargaba de equilibrar las emisiones.

En la actualidad existe un consenso científico, casi generalizado, en torno a la idea de que nuestro modo de producción y consumo energético está generando una alteración climática global, que provocará, a su vez, serios impactos tanto sobre la tierra como sobre los sistemas socioeconómicos.

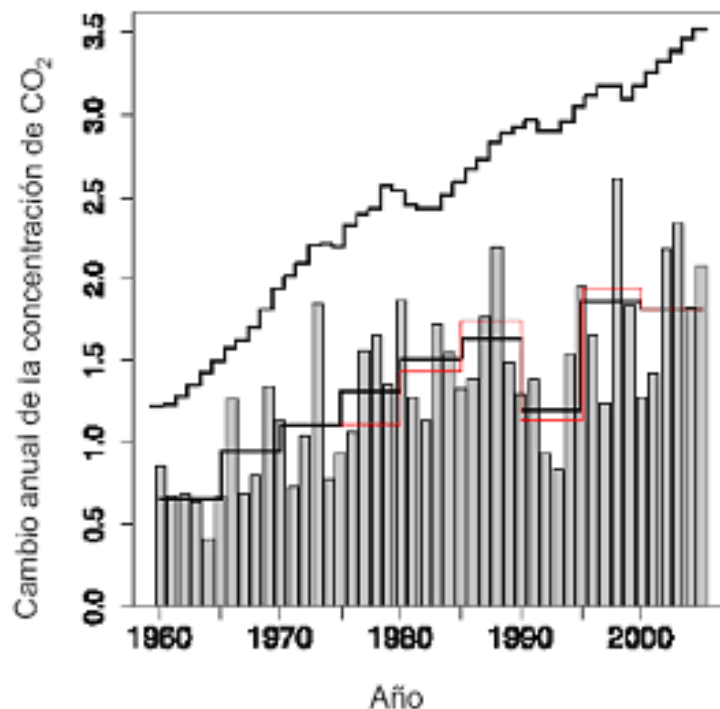
El cambio climático nos afecta a todos. El impacto potencial es enorme, con predicciones de falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento

en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor. En definitiva, el cambio climático no es un fenómeno sólo ambiental sino de profundas consecuencias económicas y sociales. Los países más pobres, que están peor preparados para enfrentar cambios rápidos, serán los que sufrirán las peores consecuencias.

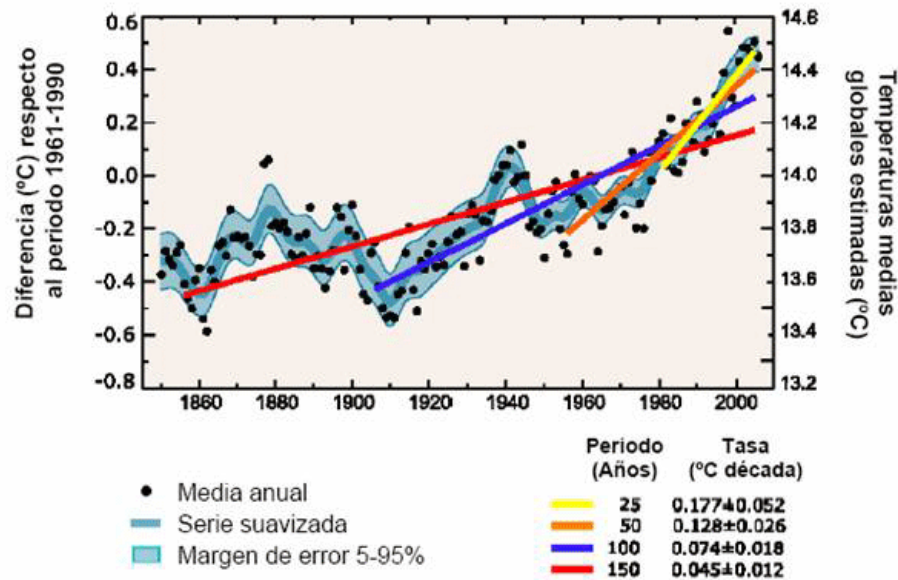
Se predice la extinción de animales y plantas, ya que los hábitats cambiarán tan rápido que muchas especies no se podrán adaptar a tiempo. La Organización Mundial de la Salud ha advertido que la salud de millones de personas podría verse amenazada por el aumento de la malaria, la desnutrición y las enfermedades transmitidas por el agua. España, por su situación geográfica y características socioeconómicas, es muy vulnerable al cambio climático.

En consecuencia, aunque existen incertidumbres que no permiten cuantificar con la suficiente precisión los cambios del clima previstos, la información validada hasta ahora es suficiente para tomar medidas de forma inmediata, de acuerdo al denominado “principio de precaución” al que hace referencia el artículo 3 de la Convención Marco sobre Cambio Climático (<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>). La inercia, los retrasos y la irreversibilidad del sistema climático son factores muy importantes a tener en cuenta y, cuanto más se tarde en tomar esas medidas, los efectos del incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero serán menos reversibles.

Como muestran los gráficos siguientes existe una fuerte correlación entre la temperatura global del planeta y la concentración de CO₂ en la atmósfera.



Concentración de emisiones de CO₂



Evolución de las temperaturas medias globales (°C)

Las barras grises indican los cambios anuales en la media global de la concentración de CO₂ en la atmósfera terrestre. Como puede apreciarse, a principios de los 60 el aumento anual en las concentraciones atmosféricas de CO₂ era de poco más de 0,5 partes por millón (ppm) al año. En la actualidad ese incremento anual es tres veces superior. Las barras grises indican los cambios anuales en la media global de la concentración de CO₂ en la atmósfera terrestre.

Las líneas escalonadas roja y negra inferiores muestran las medias, para periodos de 5 años, de dos redes de medición diferentes (las diferencias entre ambas redes son de unas 0,15 ppm).

La línea escalonada superior indica los incrementos anuales que tendrían lugar si todas las emisiones derivadas del uso de combustibles fósiles permanecieran en la atmósfera y no hubiera otras emisiones.

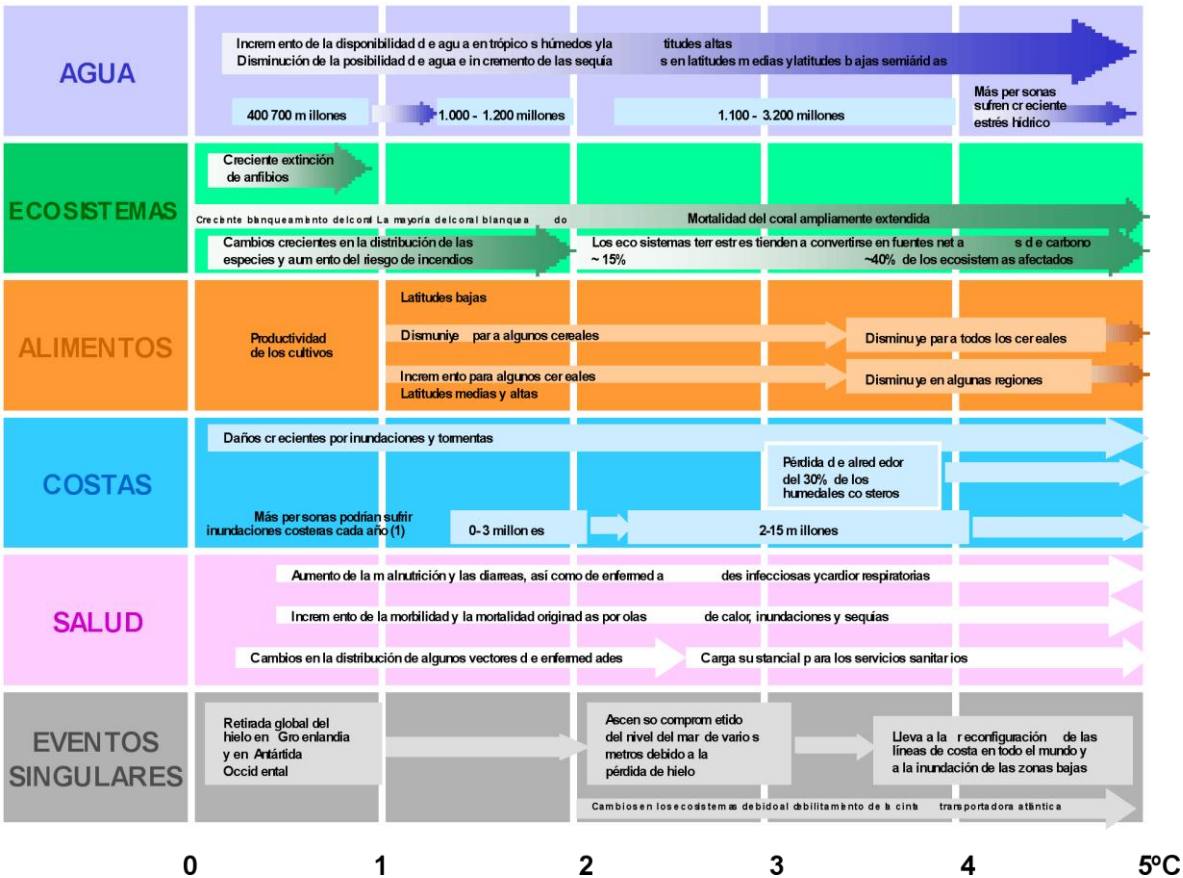
El motivo principal por el cual la cantidad de CO₂ que se va acumulando cada año en la atmósfera es sustancialmente inferior a la cantidad de gases emitida debido a las actividades humanas es que una parte del CO₂ atmosférico pasa cada año a los denominados "sumideros" de carbono. Los más importantes son los océanos y los bosques.

La siguiente ilustración muestra ejemplos de impactos globales previstos en función de los cambios en las temperaturas medias de la Tierra a lo largo del siglo XXI. Se trata de una selección realizada entre las estimaciones que ya se encuentran disponibles en materias como el agua dulce, los ecosistemas, la alimentación, las costas o la salud.

Las líneas verticales blancas indican cambios en la temperatura global en relación con la media para el periodo 1980-1999.

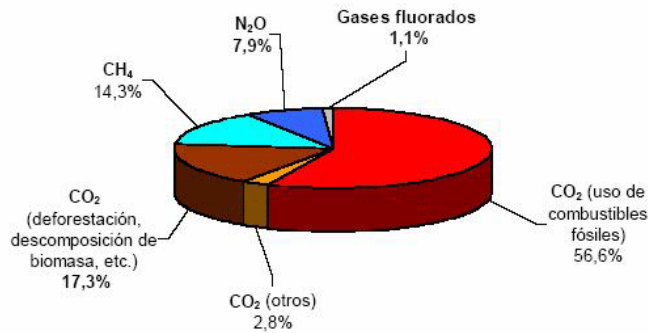
El lugar donde se han situado los textos permite visualizar los rangos de cambios de temperatura en los que los impactos tendrían lugar. Las flechas que aparecen cruzando las cuadrículas indican niveles progresivos de impacto. Las flechas pequeñas que se encuentran en una sola cuadrícula indican tendencias en los impactos.

Como puede apreciarse, los impactos previstos serían más serios si se producen cambios de temperaturas mayores.



Ejemplos de impactos globales previstos en función de los cambios en las temperaturas medias de la Tierra a lo largo del siglo XXI

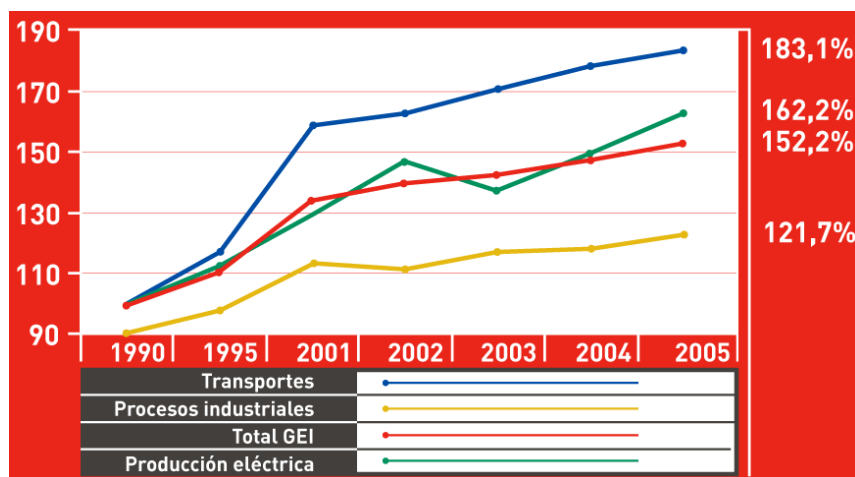
Gases con efecto invernadero (GEI): gases cuya presencia en la atmósfera contribuye al efecto invernadero, los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, producto de la industria.



Emisiones globales de gases de efecto invernadero, por tipos de gases (2004)

Efecto invernadero: fenómeno por el que determinados gases componentes de una atmósfera planetaria retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar.

Afecta a todos los cuerpos planetarios dotados de atmósfera. De acuerdo con el actual consenso científico, el efecto invernadero se está viendo acentuado en la Tierra por la emisión de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano, debida a la actividad económica humana. Este fenómeno evita que la energía del Sol recibida constantemente por la Tierra vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero.



Evolución de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en España respecto al año base (1990)

Ciudad sostenible: La ciudad sostenible es aquella que es capaz de integrar en su funcionamiento como sistema elementos que provoquen el mínimo impacto sobre su entorno.



Esquema de ciudad sostenible.

Economía ecológica: Campo de estudio interdisciplinario que estudia los conflictos entre el crecimiento económico y los ecosistemas. El argumento principal de la Economía Ecológica que la separa de la teoría económica previa podría resumirse en que la economía ecológica considera la economía como un subconjunto de la ecología, ya que esta última estudia los flujos de materia y energía de la vida sobre la Tierra, y la economía humana está por definición contenida en este sistema.

IPCC: Panel Intergubernamental del Cambio Climático, conocido con las siglas IPCC (*"Intergovernmental Panel on Climate Change"*). Una de las principales actividades del IPCC es hacer una evaluación periódica de los conocimientos sobre el cambio climático. El IPCC elabora, asimismo, Informes Especiales y Documentos Técnicos sobre temas en los que se consideran necesarios la información y el asesoramiento científicos e independientes, y respalda la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) mediante su labor sobre las metodologías relativas a los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. El IPCC consta de tres Grupos de trabajo y un Equipo especial.

Desarrollo sostenible: es el término que le da nombre a un tipo de desarrollo que quiere satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades (*Informe Brundtland 1987*).

Programa Agenda Local 21: programa de las Naciones Unidas (ONU) para promover el desarrollo sostenible. Es un plan detallado de acciones que deben ser acometidas a nivel mundial, nacional y

local por entidades de la ONU, los gobiernos de sus estados miembros y por grupos principales particulares en todas las áreas en las cuales ocurren impactos humanos sobre el medio ambiente. Agenda es una lista detallada de asuntos que requieren atención, organizada cronológicamente, 21 hace referencia al siglo XXI.

Compromisos de Aalborg: el 11 de junio de 2004, los 1.000 participantes en la Cuarta Conferencia Europea de Ciudades y Pueblos Sostenibles, Aalborg¹⁰, adoptaron los “Compromisos de Aalborg” como declaración de la conferencia y representantes de 110 gobiernos locales firmaron el documento sobre el estrado en el pleno de clausura. Los Compromisos de Aalborg están diseñados para reforzar los esfuerzos locales en curso en materia de sostenibilidad y para revitalizar la Agenda Local 21.

Protocolo de Kioto: El Protocolo de Kioto sobre el cambio climático es un acuerdo internacional que tiene por objeto reducir las emisiones de seis gases provocadores del calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990. Por ejemplo, si la contaminación de estos gases en el año 1990 alcanzaba el 100%, al término del año 2012 deberá ser del 95%. Es preciso señalar que esto no significa que cada país deba reducir sus emisiones de gases regulados en un 5%, sino que este es un porcentaje a nivel global y, por el contrario, cada país obligado por Kioto tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir. El acuerdo fue suscrito en 1997 y entro en vigor en 2005.

Cumbre del Cambio Climático, Copenhague Diciembre 2009

El Protocolo de Kioto expira en 2012 y este año se presenta realmente importante ya que debe alcanzarse un acuerdo global, que suceda al PK en la lucha internacional sobre el cambio climático. Para se materialice este complejo acuerdo la Comunidad Internacional tendrá que llegar a la Cumbre con cuatro puntos claros:

1. Precisión en los objetivos de reducción de emisiones en los países industrializados. Si no se determinan estos objetivos, los países no emprenderán acción alguna. Por ejemplo la UE ya ha tomado la iniciativa proponiendo reducir un 20% sus emisiones respecto a los niveles de 1990.
2. Los países en desarrollo deben tener claro que también deben emprender acciones de mitigación. Por ejemplo China, India o Brasil ya han desarrollado alguna estrategia de cambio climático a nivel nacional.
3. Es necesario saber cómo se van a financiar las limitaciones en el crecimiento de emisiones de los países en desarrollo. Por ejemplo, se habla de subastar derechos de emisiones y utilizar parte de la ganancia para cooperación internacional
4. Es necesario determinar la estructura de gobierno bajo la convención que deberá funcionar en base democrática y de equidad.

Habrà que estar atentos pues, a lo que finalmente se decida en Copenhague a finales de 2009.

Mecanismos de flexibilidad del Protocolo de Kioto: el Protocolo de Kioto establece tres mecanismos de flexibilidad para facilitar a los países del Anexo I de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático la consecución de sus objetivos de reducción y limitación

de emisiones de gases de efecto invernadero. Estos mecanismos son instrumentos de carácter complementario a las medidas y políticas internas, que constituyen la base fundamental para el cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero asumidos por cada Parte al ratificar el Protocolo. Los tres mecanismos de flexibilidad contemplados en el Protocolo de Kioto son el Comercio Internacional de Emisiones, el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y el Mecanismo de Aplicación Conjunta (AC).

1.3. Indicadores de sostenibilidad: la huella ecológica

El cambio climático ha dado lugar a una necesidad, reducir las emisiones y el consumo de la sociedad presente. Se necesita saber cual es la cantidad de recursos consumidos por la sociedad en la actualidad para así poder rectificar el modelo de crecimiento y seguir la pauta del desarrollo sostenible.

El concepto de desarrollo sostenible puede mostrarse, en gran medida, como un término ambiguo y discutible pero, ante todo, resulta difícil de evaluar. Por ello, los indicadores de sostenibilidad se comenzaron a utilizar por parte de Naciones Unidas como un sistema de señales que permitiese estimar avances en el marco de este nuevo modelo de desarrollo. Se trataría de "signos" o "indicios" que pueden manifestar que algo es actualmente sensible. Para lograr hacer operativo en medidas concretas, tangibles para el ciudadano de a pie y manejables para el gestor, se hace necesario desarrollar herramientas acordes con el grado de complejidad que caracteriza las interacciones entre los sistemas ecológico y socioeconómico. Por este motivo se crean los indicadores de sostenibilidad, que se plantean como instrumentos que nos permiten evaluar los avances hacia un nuevo paradigma de desarrollo. La *Huella ecológica* es el instrumento más desarrollado hasta la actualidad.

- *Huella ecológica*

En el año 1996 los investigadores Mathis Wackernagel y William Rees definieron el término de Huella Ecológica, este índice de sostenibilidad se ha ido consolidando como uno de los más aplicados.

El concepto se fundamenta en dos simples hechos. En primer lugar, podemos medir la mayoría de los recursos que consumimos y los desechos que generamos. En segundo lugar, este consumo y generación de residuos se pueden traducir a las correspondientes áreas o territorios de los ecosistemas que cuentan con la capacidad de productividad biológica y de absorción de impactos humanos.

La idea de Huella Ecológica parte, realmente, de un término que aporta la ecología de poblaciones: la capacidad de carga. La capacidad de carga se define como: "el máximo número de individuos de una especie concreta que es capaz de soportar de forma indefinida un hábitat específico sin alterar la productividad de éste".

Uno de los primeros conflictos que se presentan, es que esta definición supone poblaciones aisladas y una eficiencia de uso de los recursos no variable a lo largo del tiempo, factor no aplicable a nuestra sociedad, ya que el hombre es capaz de aumentar las capacidades de carga del medio desarrollando posibilidades comerciales y tecnológicas. Por lo tanto, el concepto ecológico de *capacidad de carga* resulta muy controvertido en su aplicación a la especie humana.

Ante esta situación y en un intento por encontrar un método que recogiera los impactos de las poblaciones humanas, Rees, partiendo del concepto de capacidad de carga, lo formuló al revés, es decir, ¿cuál sería la superficie necesaria para mantener un número de individuos determinado?

La contribución de Rees y Wackernagel fue el establecimiento de una metodología muy específica de cálculo que permite la evaluación numérica y que convierte el concepto en un verdadero índice biofísico que expresa a nivel global el impacto de las actividades humanas en términos de superficies productivas de los ecosistemas.

Los autores lo definieron como *"el área de territorio productivo o ecosistema acuático necesario para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico, donde sea que se encuentre esta área"* y desarrollaron, a su vez, una metodología estándar, que permite la comparación. No obstante, los cálculos han debido ser adaptados, en muchos casos, a las realidades de cada área de estudio.

En el cálculo de la Huella Ecológica se interrelacionan las superficies o territorios productivos de los ecosistemas con las categorías necesarias para satisfacer los "metabolismos humanos".

Las categorías son:

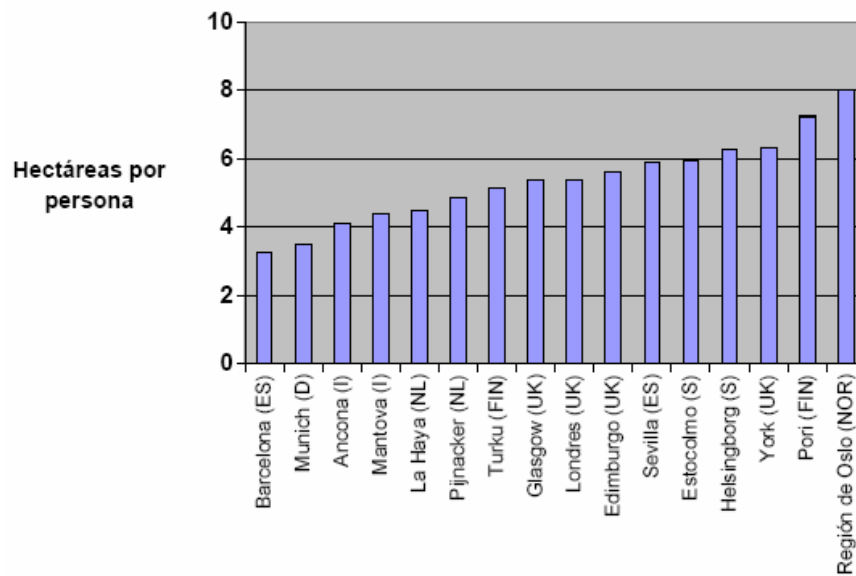
- Agricultura
- Ganadería
- Pesca
- Producción Forestal
- Transformaciones de energía primaria desde el punto de vista económico para la producción de energía eléctrica.
- Producción de bienes de consumo
- Ocupación directa de territorio (ciudades, infraestructuras, minas, etc...)

Los territorios productivos (que no deben confundirse con los usos a los que se dedican, aunque en la mayor parte de los casos tienen una relación única) son:

- **Territorio para la absorción de CO₂:** aunque existe un aumento de la asimilación fotosintética a nivel global, las emisiones de CO₂ continúan aumentando por la acción humana. Por ello, esta variable trata de introducir la necesidad de mantener territorios asimiladores de CO₂, fundamentalmente los bosques, puesto que se plantean como la alternativa más viable para absorber las emisiones.
- **Territorio de cultivos:** el 11% de los 13,4 billones de Ha. de la superficie terrestre (1,47 bill. Ha.), según algunas estimaciones, pertenece a superficie cultivada en el planeta. Wackernagel la cifra en 1,35 bill. Ha. Resulta la superficie más productiva ecológicamente hablando.
- **Territorio de pastos:** la dedicada al pastoreo del ganado. Se encuentra en expansión en detrimento de los bosques.
- **Territorio forestal:** superficie ocupada por bosques que se encuentren en explotación para la obtención de productos forestales, ya sean repoblados o naturales.
- **Territorio con uso directo:** Áreas construidas u ocupadas por infraestructuras humanas, así como superficies degradadas por el uso humano (minas, embalses, etc.)
- **Territorio marítimo productivo:** principalmente zonas de afloramiento o plataformas continentales, en las que se detecta la mayor parte de la superficie con producción biológica en el mar y cerca del 100% de la pesca a nivel global.

• **Territorio para la conservación de la biodiversidad:** es el territorio que se mantiene intacto para conseguir mantener la biodiversidad.

Cada una de las categorías de uso se sitúa en una matriz y se asocia con las necesidades de superficie productiva para obtener Huellas Ecológicas Parciales, a través de cuyo sumatorio se obtiene el dato global. El consumo y la productividad de estas superficies sirven para calcular el número de hectáreas per cápita de cada uno de estos terrenos (Huella Ecológica per cápita).



Huellas ecológicas de algunas ciudades europeas

En la actualidad, en el mundo existen solamente 2,1 hectáreas de espacio biológicamente productivo disponible para cada persona en la Tierra, pero la Huella Ecológica promedio mundial es de 2,9 hectáreas por persona. Esto significa que la humanidad está sobrepasando la capacidad ecológica de la biosfera en casi un 35 por ciento. Es decir, tomamos más de lo que la naturaleza nos puede ofrecer.

En muchos países, la demanda de capacidad ecológica excede el área biológicamente productiva que tienen disponible.

Estos países están incurriendo en un déficit ecológico nacional, es decir, el área del país por sí sola no puede proveer los suficientes servicios ecológicos para satisfacer el consumo de su población. Esto nos señala una problemática que presenta la Huella Ecológica como índice: los países más desarrollados, al sobrepasar la capacidad ecológica de su territorio, consumen territorio (recursos) de otros países en vías de desarrollo. (*Deuda Ecológica*- www.deudaecologica.org)

LA HUELLA ECOLÓGICA DE LAS NACIONES (1997)

País	Población (en millones)	<i>(en hectáreas por persona)</i>			<i>(en áreas por persona)</i>		
		Huella Ecológica	Capacidad Ecológica Actual	Déficit (si es negativo)	Huella Ecológica	Capacidad Ecológica Actual	Déficit (si es negativo)
MUNDO	5,848.7	2.9	2.1	(-0.7)	7.1	5.3	(-1.8)
Argentina	35.7	3.2	5.3	2.1	8	13	5
Australia	18.2	8.9	9.4	0.5	22	23	1
Austria	8.2	5.9	4.0	(-1.9)	15	10	(-5)
Bangladesh	122.0	0.6	0.3	(-0.3)	2	1	(-1)
Brasil	163.1	2.2	10.9	8.7	6	27	21
Canadá	29.9	8.7	11.0	2.3	21	27	6
Chile	14.6	3.6	2.0	(-1.6)	9	5	(-4)
China	1,243.7	1.8	0.8	(-0.9)	4	2	(-2)
Dinamarca	5.2	10.3	5.6	(-4.7)	26	14	(-12)
Egipto	64.4	1.8	0.7	(-1.1)	4	2	(-3)
Finlandia	5.1	8.2	9.6	1.4	20	24	3
Francia	58.5	7.3	4.1	(-3.2)	18	10	(-8)
Alemania	82.2	6.0	2.4	(-3.6)	15	6	(-9)
India	960.2	0.7	0.7	(-0.0)	2	2	(-0)
Indonesia	203.5	1.4	3.0	1.7	3	8	4
Italia	57.2	5.6	1.8	(-3.8)	14	5	(-9)
Japón	125.6	5.6	0.8	(-4.8)	14	2	(-12)
República de Korea	45.7	4.9	0.8	(-4.2)	12	2	(-10)
Malasia	21.0	3.5	3.7	0.3	9	9	1
México	94.3	3.1	1.6	(-1.5)	8	4	(-4)
Holanda	15.7	6.3	2.2	(-4.1)	15	5	(-10)
Noruega	4.3	9.2	5.9	(-3.3)	23	15	(-8)
Pakistán	143.8	1.1	0.7	(-0.4)	3	2	(-1)
Filipinas	70.7	1.4	0.8	(-0.6)	4	2	(-2)
Polonia	38.6	5.0	2.3	(-2.7)	12	6	(-7)
Rusia	147.7	5.2	4.4	(-0.8)	13	11	(-2)
Sudáfrica	43.3	3.8	1.2	(-2.7)	9	3	(-7)
España	39.7	5.5	2.3	(-3.2)	14	6	(-8)
Suecia	8.8	8.2	7.9	(-0.3)	20	19	(-1)
Suiza	7.3	6.5	2.1	(-4.4)	16	5	(-11)
Tailandia	59.2	2.6	1.3	(-1.3)	6	3	(-3)
Turquía	62.8	2.8	1.4	(-1.3)	7	4	(-3)
Inglaterra	58.4	6.3	1.7	(-4.6)	16	4	(-11)
Estados Unidos de América	271.6	12.5	5.5	(-7.0)	31	14	(-17)

(Los números pueden no ser iguales debido al redondeo)

1.4. Marco legal

En 1992, la mayor parte de los países se adhirieron a un tratado internacional, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, para comenzar a considerar qué se puede hacer para reducir el calentamiento atmosférico y adoptar medidas para hacer frente a las subidas de la temperatura que sean inevitables.

En 1997, los gobiernos acordaron incorporar una adición al tratado, conocida con el nombre de Protocolo de Kioto, que cuenta con medidas más enérgicas (y jurídicamente vinculantes). Con la entrada en vigor de la primera fase del Protocolo de Kioto, el estado español se compromete a "no aumentar las emisiones de CO₂ a la atmósfera por encima de un 15% con respecto al año 1990", de lo contrario tendrá penalizaciones económicas proporcionales al incumplimiento del umbral.

La explicación es la siguiente:

El objetivo mundial del Protocolo de Kioto pasa por reducir para 2012 un 5,2% los niveles con respecto a los de 1990.

Los objetivos a cumplir son diferentes para cada país. Así, a los países de la UE se les permite que se repartan entre ellos las cuotas de reducción, para satisfacer un total de bajada del 8% entre 2008 y 2012. El reparto permite que países como España aumenten sus emisiones en un 15 % porque se tomó en cuenta el nivel de desarrollo energético en ese momento.

Desde 1988, el Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático ha examinado las investigaciones científicas y ofrecido a los gobiernos resúmenes y asesoramiento sobre los problemas climáticos.

España, por su situación geográfica y sus características socioeconómicas, es un país muy vulnerable al cambio climático, como así se viene poniendo de manifiesto en las más recientes evaluaciones e investigaciones. Los graves problemas ambientales que se ven reforzados por efecto del cambio climático son: la disminución de los recursos hídricos y la regresión de la costa, las pérdidas de la biodiversidad biológica y ecosistemas naturales y los aumentos en los procesos de erosión del suelo. Asimismo hay otros efectos del cambio climático que también van a provocar serios impactos en los sectores económicos. Para mitigar en lo posible estos efectos, el Gobierno español ha diseñado la Estrategia española de cambio climático y energía limpia - Horizonte 2007/2012/2020 complementada con el Plan de Medidas Urgentes para cada una de las cuales se establece el Ministerio responsable, el plazo y los recursos requeridos y las emisiones de GEI evitadas en el periodo 2008-2012.

Paralelamente, para la consecución de los objetivos de Kioto, el Consejo de Ministros aprobó en 2007 el REAL DECRETO 1031/2007, de 20 de julio, por el que se desarrolla el marco de participación en los mecanismos de flexibilidad del Protocolo de Kioto.

Para afrontar la denominada crisis del clima y avanzar en la búsqueda de soluciones, tanto desde el punto de vista de la mitigación como desde el ámbito de la adaptación a las causas y efectos del

cambio climático, el enfoque global y la colaboración de los diversos actores sociales, administraciones, empresas, organizaciones sociales y ciudadanos es fundamental.

Entre los organismos estatales que desempeñan diferentes funciones en la lucha contra el cambio climático podemos mencionar los siguientes:

Oficina Española de Cambio Climático

http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/organismos_lucha_cc/of_esp_cc.htm

Consejo Nacional del Clima

http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/organismos_lucha_cc/nc.htm

Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático (CCPCC)

http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/organismos_lucha_cc/cpcc.htm

Grupo Interministerial de Cambio Climático (GICC)

http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/organismos_lucha_cc/gicc.htm

1.5 Propuestas de alternativas hacia la sostenibilidad

En este curso se van a proponer diferentes maneras mediante pequeños gestos sostenibles, para mitigar nuestro impacto sobre el medio ambiente a nivel individual. Nuestras acciones en el día a día son importantes para establecer un cambio en el patrón general de nuestra sociedad.

La siguiente ilustración muestra un amplio conjunto de tecnologías y prácticas que ya han demostrado su utilidad para mitigar el cambio climático. Aparecen organizadas por sectores, si bien no siguen un orden concreto. Como puede observarse, contamos ya con un amplio conjunto de soluciones tecnológicas disponibles para acometer el reto de estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Las medidas de carácter no tecnológico, como aquellas que afectan a los cambios en los estilos de vida, no han sido incluidas en esta tabla-resumen, sin embargo, de acuerdo con el informe realizado por el IPCC “los cambios de estilos de vida y de patrones de consumo que ponen el énfasis en la conservación de los recursos pueden contribuir a desarrollar una economía baja en carbono que sea equitativa y sostenible”.

Frenar el cambio climático	
Tecnologías y prácticas disponibles comercialmente en la actualidad	
Suministro energético	Mejora de la eficiencia en la producción y distribución, cambio de combustibles del carbón al gas, energía nuclear, producción de energía y calor mediante renovables (hidroeléctrica, solar, eólica, geotérmica, y bioenergía), generación combinada de energía y calor, aplicaciones pioneras de captura y almacenamiento de carbono.
Transporte	Mayor eficiencia de uso de combustibles en los vehículos, vehículos híbridos, vehículos diesel más limpios, biocombustibles, cambios modales de transporte por carretera a trenes y sistemas transporte público, transporte no motorizado (bicicleta, caminar), planificación del uso del suelo y el transporte.
Residencial	Iluminación eficiente y aprovechamiento de la luz diurna, electrodomésticos y aparatos de refrigeración y calefacción más eficientes, mejora de las cocinas, mejora del aislamiento, diseño de sistemas de refrigeración y ventilación pasivos y activos a través de la energía solar, fluidos de refrigeración alternativos, recuperación y reciclado de gases fluorados
Industria	Equipamientos para el uso final de la electricidad más eficientes, recuperación de calor y energía, reciclado y sustitución de material, control de las emisiones de gases no-CO2, y un amplio espectro de tecnologías específicas para los procesos
Agricultura	Gestión mejorada de las tierras para cultivos y pastos para aumentar la absorción de carbono en el suelo; restauración de suelos turbosos en tierras cultivadas y tierras degradadas, mejora en las técnicas de cultivo del arroz y la gestión de la ganadería y el estiércol para reducir las emisiones de CH4, mejora en las técnicas de aplicación de fertilizantes de nitrógeno para reducir las emisiones de N2O; uso de los cultivos energéticos para sustituir el uso de combustibles fósiles; mejora de la eficiencia energética
Silvicultura y bosques	Forestación, reforestación, gestión forestal, reducción de la deforestación, gestión de productos madereros, uso de productos forestales como bioenergía para sustituir el uso de combustibles fósiles
Residuos	Recuperación del metano de los vertederos, incineración de residuos con recuperación de energía, compostaje de residuos orgánicos, tratamiento controlado de las aguas residuales, reciclaje y minimización de los residuos

Conjunto de tecnologías y prácticas que ya han demostrado su utilidad para mitigar el cambio climático

1.6 Ejemplos de buenas prácticas

Campaña “Yo soy la solución”:

En el siguiente link tenéis una campaña para actuar contra el cambio climático.

El mosaico de acciones contra el cambio climático de la portada de esta web además de ser una recopilación de imágenes, también se convierte en la suma de miles de gestos que se pueden cuantificar. Un tapiz colectivo que ilustra un compromiso real a favor de un mundo más sostenible para las futuras generaciones.

<http://www.josoclasolucion.com/calculadora/indexes.php>

Algunas de las acciones propuestas son:- Iluminación de bajo consumo. Sustituir bombillas incandescentes y halógenas por bombillas fluorescentes compactas o de LEDS-

Aparatos energéticamente eficientes. Adquirir aparatos eléctricos que no despilfarren energía, como los llamados energéticamente de Clase A, A⁺, A⁺⁺ o que cumplan otros criterios de ahorro como Energy Star, etc.

Seleccionar y separar la basura en casa. Recoger selectivamente los desechos y llevar las fracciones como papel, envases o materia orgánica al contenedor correspondiente y el resto de valorizables al punto verde ahorra energía y contaminación.

Climatización de bajo consumo. Situar el termostato de la climatización en verano a 26°C y en invierno a 20°C y utilizar aparatos de bajo consumo como las bombas de calor de tipo *inverter*.

Moverse en bicicleta o transportes colectivos. Para recorridos de menos de 3 km la bicicleta es el sistema de locomoción más eficiente. Los transportes colectivos reducen 4 veces las emisiones de gases con efecto invernadero.

Conducir eficientemente. Cambiar de marcha por debajo de las 2.500 revoluciones en los vehículos de gasolina y por debajo de las 2.000 en los de gasoil puede ahorrar un 35% de combustible.

Consumo local. Hoy día el 40 % de las emisiones son causadas por el transporte de mercancías por todo el mundo. Cada vez que compramos en el barrio o compramos productos producidos localmente (fruta de regiones vecinas en vez de países lejanos, carne de aquí en vez de proveniente de Irlanda o Argentina) ahorramos emisiones de efecto invernadero.

Viviendas aisladas. Ventanas y puertas pueden aportar pérdidas importantes de climatización si no están bien aisladas. El doble vidrio en las ventanas y el aislamiento en las cajas de las persianas pueden reducir la factura energética.

2. Evaluación Ambiental

2.1. Introducción a la Evaluación Ambiental

El objetivo que persigue la evaluación ambiental es asegurar al planificador, que las opciones de desarrollo planteadas sean ambientalmente adecuadas y sostenibles, y que toda consecuencia ambiental sea reconocida en las etapas iniciales del proyecto y tenida en cuenta para el diseño del mismo.

La evaluación ambiental permite identificar posibilidades de mejorar ambientalmente los proyectos y minimizar, atenuar, o compensar los impactos adversos. Alertan pronto a los responsables del proyecto, las agencias y/o su personal sobre la existencia de problemas medioambientales. Por lo tanto, las evaluaciones ambientales:

- Permiten tratar los problemas ambientales de una manera oportuna y práctica.
- Posibilitan la identificación de los aspectos ambientales críticos que pueden afectar al proyecto, reduciendo la necesidad de imponer limitaciones al proyecto al poder plantear e incorporar anticipadamente los pasos apropiados dentro del diseño del proyecto.
- Ayudan a evitar costos y retrasos en la implementación del proyecto que se deriven de aquellos aspectos ambientales no anticipados.

Las evaluaciones ambientales proporcionan asimismo un mecanismo formal para la coordinación ambiental interinstitucional con las autoridades u organizaciones ambientales que pueden estar involucradas.

De la misma forma que ocurre con los análisis económicos, financieros, organizativos, institucionales, operacionales, sociales, etc., la evaluación ambiental forma parte integrante del proyecto y garantiza que:

- los aspectos ambientales adquieran su importancia durante la toma de decisiones referentes a la selección, ubicación y diseño del proyecto.
- su asunción no afecte o interfiera en el desarrollo del proyecto.

2.2. Antecedentes

La evaluación del impacto ambiental tiene su origen al final de los años 60 en Estados Unidos con el nombre de "Environmental Impact Assessment" (EIA). Esta evaluación introduce las primeras formas de control de las interacciones directas e indirectas existentes entre las intervenciones humanas y el medioambiente, a partir de medidas de prevención y evaluación de las consecuencias inherentes a determinadas acciones. El objetivo va encaminado a reducir, eliminar, corregir y/o compensar los impactos de tales acciones.

En 1969 se aprueba en los Estados Unidos la normativa ambiental llamada “National Environmental Policy Act” (NEPA), la cual introduce un organismo de control llamado “Environmental Protection Agency” y un organismo consultivo llamado “Council on Environmental Quality”. Posteriormente en el año 1979 se logra la aprobación del reglamento “Regulations for implementing the Procedural Provisions” que confiere un carácter obligatorio al Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para todos los proyectos públicos o financiados con fondos públicos como paso previo a la autorización del proyecto.

Canadá en el año 1973 aparece la norma específica “Environmental Assessment Review Process” referida a la evaluación del impacto ambiental, que sigue las líneas generales de la normativa de los Estados Unidos escrita anteriormente. Asimismo, en el año 1976 en Francia aprueba la ley 76-629 referida a la protección de la naturaleza, la cual introduce tres niveles distintos de evaluación (estudios ambientales, noticias de impactos; y estudios de impactos). De esta forma se cimientan en Europa las bases para el estudio de impactos ambientales, y en el año 1985 la Comunidad Europea aprueba la Directiva 337/85/CEE referida a la evaluación del impacto ambiental para determinados proyectos públicos y privados. La primera aplicación de esta normativa tiene lugar en el año 1986 en Holanda centrada en el análisis comparativo de las alternativas y la evaluación de sus impactos, con el objetivo de determinar la mejor alternativa ambiental posible.

2.3. Tipos de Evaluación Ambiental

Dependiendo del tipo de proyecto que se pretenda evaluar y analizar desde el punto de vista medioambiental, las características de los procesos y alcances a desarrollar deben ser distintas con el fin de que el proceso que se siga sea el más optimizado posible. De esta forma podemos planificar un proyecto específico, un proyecto sectorial de menor envergadura o alcance, y también es posible evaluar otros proyectos más pequeños a pequeña escala, pero que también van a poder afectar a aspectos medioambientales y provocar impactos que se deben gestionar.

Las evaluaciones ambientales para proyectos específicos permiten analizar proyectos tales como proyectos de inversión (por ejemplo proyectos para represas, fábricas, sistemas de riego, etc.), que plantean problemas ambientales significativos. Las medidas de impacto anticipadas que se puedan plantear en estos casos deben estar en consonancia con el detalle y la sofisticación del análisis a efectuar. Normalmente, las etapas que se deben analizar son las siguientes:

- Las condiciones ambientales básicas actuales.
- Los potenciales impactos ambientales directos e indirectos, incluyendo las oportunidades factibles detectadas para mejorar el medio ambiente
- La sistemática comparación ambiental entre las alternativas para inversión, ubicación, tecnología y diseño
- Las medidas preventivas, correctivas, atenuantes y/o compensatorias que se deban plantear en el consiguiente plan de acción.
- La administración y capacitación ambiental,
- El seguimiento necesario para que el análisis sea efectivo.

Todo ello debe contemplar una cuantificación del capital y los costos periódicos necesarios para acometer el plan de acción definido. Asimismo, deben valorarse los requerimientos de selección, capacitación y monitorización del personal ambiental adscrito a proyecto, y los beneficios propuestos en base a las medidas alternativas planteadas.

Se recurre a las evaluaciones ambientales sectoriales cuando varias actividades significativas de desarrollo poseen unos impactos potencialmente acumulativos y por tanto se planifican dentro de una misma área. La eficacia de estas consideraciones para estos casos es mayor que si se consideran una serie de evaluaciones ambientales individuales para proyectos específicos, pudiendo además identificar factores ambientales que éstos últimos podrían pasar por alto (por ejemplo la posible interacción entre algunos desechos, la competencia para el uso del agua o la tierra, etc.). Estas evaluaciones comparan escenarios alternativos de desarrollo, utilizando por ejemplo consideraciones físicas o biológicas (área climática, tipo de hábitat, cuenca de un río,...).

La evaluación ambiental sectorial es adecuada para analizar:

- las alternativas de inversión sectorial.
- el efecto de los cambios en la política sectorial.
- las capacidades y requisitos institucionales para el estudio, implementación y monitoreo ambiental a nivel sectorial.
- los impactos acumulados de muchas inversiones similares y, relativamente pequeñas, que no se contemplen en las respectivas evaluaciones ambientales individuales para proyectos específicos.

En algunos casos, estas evaluaciones ambientales sectoriales cumplen con todos los requisitos normales de las evaluaciones ambientales para proyectos específicos. De forma general, las evaluaciones específicas son necesarias para importantes inversiones, aunque las evaluaciones ambientales sectoriales son las que habrán permitido identificar los factores críticos y recolectar gran parte de los datos, reduciendo notablemente el trabajo necesario para las evaluaciones de impactos ambientales de proyectos específicos.

Existen otros tipos de proyectos pequeños y aquellos que no se encuentran en áreas ambientalmente frágiles que necesitan diversos enfoques alternativos concentrados en una serie reducida de factores críticos, y que son aceptables para muchos. Estos enfoques alternativos incluyen por ejemplo:

- programas para el tratamiento integrado de plagas para numerosos proyectos agrícolas, que no impliquen grandes labores de riego o desarrollo de tierras.
- proyectos de diseño ambiental y normas de contaminación específicos para pequeñas plantas industriales.
- proyectos de diseño ambiental para la construcción y supervisión de obras rurales a pequeña escala.

2.4. Evaluación de Impacto Ambiental (EAI)

Se llama Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) al procedimiento administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que provocará un proyecto determinado en su entorno cuando es acometido, todo ello con el objetivo de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo. Este procedimiento de carácter jurídico-administrativo comienza con la presentación de la memoria resumen del proyecto por parte de su responsable, para posteriormente acometer las consultas previas a personas y/o instituciones ambientales, la realización del Estudio de Impacto Ambiental (EslA) por parte del responsable para presentarlo al

organismo competente. Este documento se pone a disposición pública y se concluye con la emisión de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) por parte del órgano ambiental competente.

La EIA es preceptiva en la legislación, de forma que una evaluación negativa (según la legislación y el rigor con que se aplique) puede ir desde la paralización definitiva del proyecto hasta su ignorancia completa. Este se refiere siempre a un proyecto específico, que se define en sus características tales como el tipo de obra y/o materiales a utilizar, los procedimientos definidos en su desarrollo, los trabajos de mantenimiento de la fase operativa, las tecnologías utilizadas, etc...

2.5. Estudios para la evaluación del impacto ambiental

El estudio de impacto ambiental es imprescindible para evaluar el impacto ambiental de una acción. Constituye un estudio técnico básico, con carácter objetivo e interdisciplinario, el cual permite predecir los posibles impactos ambientales derivados de la realización de un proyecto o actividad para decidir sobre la viabilidad ambiental del mismo (Evaluación del Impacto Ambiental).

El éxito del estudio de impacto ambiental radica en constituir un equipo multidisciplinar integrado por especialistas en cada uno de los factores ambientales a contemplar en cada proyecto específico (por ejemplo factores de la atmósfera, del agua, del suelo, de la vegetación, de la fauna, etc.). Dentro de los factores ambientales a considerar en un proyecto, no solo se tiene en consideración los relativos a la realización de una obra como la construcción de una carretera, sino que también tiene un posible impacto ambiental la creación o modificación de una normativa como por ejemplo un aumento en el impuesto de una importación de materia prima para fabricación de plásticos incide de manera importante en la utilización de recipientes reciclables. Cada acción propuesta es analizada en base a sus posibles impactos ambientales, y para cada una de las distintas etapas que constituyen un proyecto.

Los primeros estudios de impacto ambiental preliminares son desarrollados con información bibliográfica disponible que reemplaza al EIA en aquellos casos en que las actividades no involucran un uso intensivo ni extensivo del terreno, tales como la aerofotografía, aeromagnetometría, geología de superficie, o bien se trate de actividades de poco impacto para desarrollarse en ecosistemas no frágiles. Estos estudios preliminares son elaborados por el responsable para evaluarlos con los criterios de protección ambiental, y que le van a servir de base para la toma de decisiones con respecto a los alcances del análisis ambiental más detallado posterior. En la práctica, esta fase preliminar inicial forma parte del propio plan de evaluación ambiental integral del proyecto en estudio.

También se desarrollan unos estudios parciales que se basan en unos análisis a realizar sobre aquellos proyectos (tanto proyectos de obras como proyectos de actividades) que impliquen unos impactos ambientales en su ejecución que afectarían de forma parcial al medioambiente. Dichos efectos medioambientales parciales originados se pueden resolver (eliminación o minimización) adoptando una serie de medidas correctoras sencillas y de fácil aplicación, que se van a recoger en ese estudio parcial, y que también forma parte del plan de evaluación ambiental integral del proyecto en estudio.

Asimismo, es necesario realizar un estudio socio-ambiental del medio, que no es más que un diagnóstico medioambiental previo realizado sobre un área geográfica determinada que permitirá identificar las condiciones ambientales presentes en ese medio con anterioridad a la realización del

proyecto. En ese diagnóstico previo se incluyen todos los aspectos socio-culturales, bióticos y abióticos del ecosistema del área implicada. En definitiva, se trata de definir, identificar y caracterizar de forma detallada el componente biótico y abiótico de ese ecosistema, es decir, el medio.

Cuando se trata de evaluar proyectos cuya ejecución puede producir unos impactos medioambientales potenciales muy negativos, tanto cuantitativa como cualitativamente, se hace necesario realizar unos estudios muy detallados y profundos que permitan revisar los impactos medioambientales que provocan, así como proponer una estrategia medioambiental para su gestión. Estos estudios se caracterizan por el análisis de proyecto, que resalta los aspectos ambientales del mismo, el análisis de alternativas, la identificación y valoración de impactos que suele realizarse mediante sendas matrices de impactos a través de planes de mitigación de impactos, la propuesta de las medidas correctoras (que pueden incluir también medidas compensatorias, el desarrollo de planes de reasentamiento de poblaciones, la realización de planes de capacitación, planes y programas de monitorización, vigilancia y seguimiento), y finalmente un plan de restauración para el término de la vida útil de la instalación proyectada. Este informe de análisis del proyecto resultante se debe acompañar de un documento resumen comprensible para el público ya que es necesario ponerlo a disposición de éste para su consulta y revisión durante un tiempo con el objeto de plantear alegaciones u objeciones al mismo por parte de particulares y/o instituciones.

2.5.1. Etapas del Estudio de Impacto Ambiental (EIA)

Este informe consta de 9 apartados a cumplimentar que se describen a continuación haciendo un breve análisis de cada uno de ellos:

1. Descripción general del proyecto

Esta primera fase consta de:

- descripción del proyecto. Se debe realizar una descripción de la actividad o instalación de que se trate (por ejemplo una actividad que consiste en un proceso de dragado marino en el que se pretende obtener 5 millones de m³ de arena al año, o una instalación consistente en un horno rotatorio para obtener 750 toneladas al día de cemento). Debe indicarse con precisión su ubicación (coordenadas UTM), los datos geográficos, la existencia y localización si es el caso de cursos fluviales e infraestructuras existentes, si se encuentra próximo a zonas catalogadas como de protección especial, un plano del proyecto (a escala 1:25.000 como mínimo) en dónde se recoja todo lo que se propone.
- exigencia previsible en el tiempo. En este caso hay que describir el tiempo de vida útil del proyecto que se prevé.
- relación con la utilización del suelo y otros recursos naturales. Hay que describir pormenorizadamente las acciones que son susceptibles de producir un impacto medioambiental, así como sus instalaciones, su altura, su volumen, acopios, residuos, almacén, y área de trabajo. Se debe reflejar también los materiales a utilizar, el suelo a ocupar, otros recursos naturales afectados o eliminados por el proyecto (forestales, hidráulicos, atmosféricos,...).
- estimación de los tipos u cantidades de residuos, vertidos, y emisiones de materia y energía resultante. Es necesario realizar un balance de materia y energía que va a permitir poder incorporar los productos o procesos intermedios a tener en cuenta. Se deben indicar los distintos residuos, vertidos, y emisiones resultantes de forma detallada, indicando

cantidades, tipo y composición de forma tanto cuantitativamente como cualitativamente, y en especial ruidos, vibraciones, olores, emisiones lumínicas, y emisiones de partículas.

2. Exposición de alternativas

En este apartado se debe incluir todas aquellas posibilidades que constituyan una alternativa factible para realizar o no el proyecto, posibles ubicaciones del mismo, procedimientos o tecnologías existentes alternativas adecuadas al proyecto, y la posible utilización de diferentes productos y/o procesos. Para cada alternativa se debe evaluar y analizar la gestión de los distintos residuos que se pueden generar.

Existen dos formas de actuación, o bien se analizan y evalúan las alternativas de forma preliminar y se selecciona una de ellas para realizar el estudio de impacto ambiental sobre ésta o, por el contrario, se analiza y evalúa el impacto ambiental de cada una de las alternativas posibles (caso por ejemplo de un proyecto de trazado de una carretera o una vía de ferrocarril).

3. Evaluación de efectos previsibles

En este caso se evalúan los posibles efectos posibles, tanto directos como indirectos, sobre los distintos aspectos ambientales mencionados en la legislación que son la población, la flora y la fauna, el suelo, el aire, el agua, el clima, el paisaje, los bienes materiales, y el patrimonio artístico y arqueológico.

Se debe disponer por un lado de un inventario ambiental y una evaluación de las interacciones ecológicas y ambientales clave (lugar y condiciones ambientales, identificación del censo, cuantificación, interacciones y su justificación, delimitación cartografiada de la zona afectada, y situación ambiental actual y futura de cada alternativa), y por otro de una identificación y valoración de impactos distinguiendo los positivos y negativos, los temporales y permanentes, los simples y acumulativos o sinérgicos, los directos e indirectos, los reversibles e irreversibles, los recuperables e irrecuperables, los periódicos y los irregulares, los continuos y discontinuos, los compatibles, los severos y críticos, y los moderados.

Es necesario que se detallen los procedimientos y métodos empleados en el desarrollo de esta etapa, así como los cálculos utilizados para la valoración y su fundamento científico. Es necesario que se jerarquicen los impactos ambientales con el objeto de conocer su importancia relativa, haciendo una evaluación global de las incidencias ambientales del proyecto.

4. Propuesta de medidas protectoras y correctoras

Es necesario valorar las medidas a establecer para minimizar la pérdida de calidad del medio tras la puesta en marcha de la actividad. Las medidas correctoras deben reducir, eliminar, o compensar los efectos negativos de la actividad. Las medidas protectoras ayudan a preservar el medio y sus valores.

Aunque siempre se deben tener en cuenta y aplicarse, son imprescindibles como mínimo para los proyectos relacionados con aguas superficiales y subterráneas, suelos, con la atmósfera (medidas para combatir el polvo, el ruido, los olores), con la vegetación, la fauna, con la morfología del paisaje, y con el patrimonio cultural. Además, hay que dedicar especial atención a los proyectos

mineros en los cuales es obligatorio proceder a la restauración de la zona afectada, detallándose en el documento de impacto ambiental.

La administración competente puede exigir medidas protectoras y/o correctoras adicionales que sean complementarias o sustitutivas de las propuestas en el proyecto.

5. Programa de vigilancia ambiental

Este programa a prepara constituye una garantía de que las medidas protectoras y/o correctoras propuestas en el estudio de impacto ambiental, así como las que se deriven en la declaración de impacto ambiental procedente de la administración competente.

Es necesario que se prepare un informe ambiental inicial que defina cual es la situación de partida, así como informes periódicos (normalmente cada seis meses) con el desarrollo de las acciones y medidas contempladas en el proyecto, de los resultados que se vayan obteniendo, de los problemas que se van encontrando, de la efectividad de las medidas ejecutadas, etc. Cuando acontecen incidencias especiales es necesario preparar informes específicos referidos a ellas. Asimismo, debe prepararse un informe final al concluir cada fase en el que se recoge todo lo realizado y acontecido hasta ese momento.

Es los informes generalmente se deben indicar los siguientes puntos:

- las acciones a desarrollar en cada fase con una periodicidad y calendario.
- los controles analíticos realizados (parámetros a medir, periodicidad, situación en un plano de éstos, puntos de muestreo, etc.).
- el programa de evaluación de vibraciones, niveles de emisión de contaminantes atmosféricos, y vertidos.
- un reportaje fotográfico del estado del proyecto y de las acciones propuestas.
- las nuevas medidas correctoras a acometer en el proyecto según su evolución, indicando las nuevas acciones definidas, un cronograma de ellas, las fases que se van a ejecutar, etc.
- el presupuesto de vigilancia y seguimiento ambiental detallado de cada fase, de cada material, de cada contrato, etc.

6. Documento de síntesis

Es un documento obligatorio para la tramitación de los estudios de impacto ambiental. En no más de 25 páginas y de una forma comprensible se deben reflejar resumidamente los trabajos realizados, las conclusiones a las alternativas propuestas, las medidas correctoras, y el programa de vigilancia. Es necesario que se mencione las dificultades informativas o técnicas que se hayan encontrado en el desarrollo del proyecto, especificando su origen y su causa.

2.5.2. Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)

La EAE se refiere a una gama de enfoques analíticos y participativos que buscan integrar las consideraciones ambientales en los planes, políticas y programas, y evaluar las interconexiones con las consideraciones económicas y sociales. A través de un análisis de los impactos ambientales sinérgicos o acumulativos existentes en las políticas, planes y programas es posible establecer unas acciones o condiciones adelantadas que deben ser incorporadas dentro de la planificación de las

acciones específicas. La EAE utiliza una variedad de herramientas, en lugar de un único enfoque, fijo y que prescribe. Una buena EAE se adapta y configura de acuerdo al contexto en que se aplica, cuyo fin principal es integrar el medioambiente junto con las preocupaciones económicas y sociales en la toma estratégica de decisiones; es decir, lograr alcanzar la plena integración de los factores ambientales, sociales y económicos en la evaluación de la sostenibilidad. Esta evaluación ayuda a asegurar que la gestión de los recursos naturales y el medioambiente sea un fundamento para el crecimiento económico sostenible. De hecho, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible que tuvo lugar en Johannesburgo en el año 2002 destacó que la mayor parte de la planificación en el mundo no es sostenible y señaló a la EAE como una estrategia efectiva que puede ayudar a mejorar esta situación con un esfuerzo a nivel legislativo de cada unos de los países.

La EAE se aplica en las más tempranas etapas del proceso de toma de decisiones, tanto para ayudar a formular las políticas, planes y programas, como para evaluar la potencial efectividad y sostenibilidad de los mismos. Esto diferencia a la EAE de las herramientas de evaluación más tradicionales tales como la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) antes comentada, la identificación de las amenazas y oportunidades ambientales de los proyectos específicos para que se aplican a políticas, planes y programas. Por lo tanto, la EAE no sustituye sino que complementa a la EIA, así como a los demás enfoques y/o herramientas de evaluación existentes.

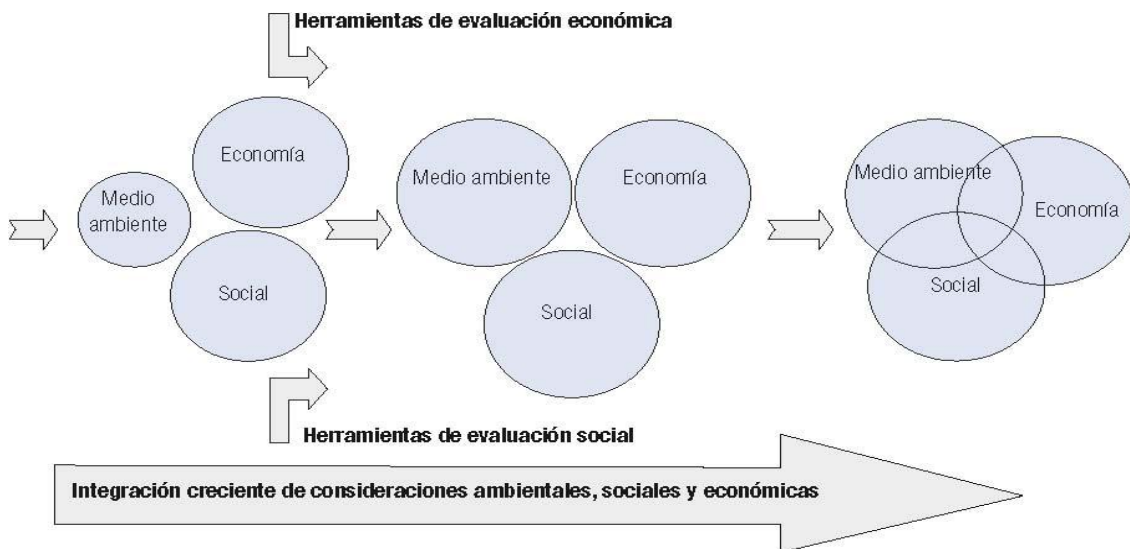
En el siguiente cuadro se resumen las principales características de ambas evaluaciones ambientales (EAE y EAI):

EIA	EAE
Se aplica a proyectos de relativo corto plazo (en su ciclo de vida), y a sus especificaciones.	Se aplica a políticas, planes y programas con una perspectiva estratégica, amplia y de largo plazo
Ocurre en una etapa inicial de la planificación del proyecto, una vez fijados los parámetros	Idealmente, ocurre en una etapa inicial de la planificación estratégica
Considera una gama limitada de alternativas de proyecto	Considera una gama amplia de escenarios alternativos
Usualmente preparada y/o financiada por los proponentes del proyecto	Realizada de manera independiente respecto de cualquier proponente de proyecto específico
Concentrada en obtener el permiso para el proyecto, y raramente con retroalimentación en dirección de las políticas, el plan o el programa	Concentrada en decisiones sobre las implicaciones de las políticas, planes o programas para las decisiones futuras de menor nivel
Proceso definido, linear, con comienzo y fin claros (es decir, de la factibilidad hasta la aprobación del proyecto)	Proceso multi-etapas interactivo con circuitos de retroalimentación ("feedback")
La preparación de un documento de EIA, con formato y contenido prescritos, es usualmente obligatoria. Este documento proporciona una referencia de línea de base para el monitoreo.	Puede no documentarse formalmente.
Énfasis en los impactos ambientales y sociales mitigantes de un proyecto específico, pero con la identificación de	Énfasis en cumplir objetivos ambientales, sociales y económicos equilibrados en políticas, planes y programas. Incluye la

algunas oportunidades, intercambios compensados (off-sets), etc. del proyecto.	identificación de resultados de desarrollo en el nivel macro.
Revisión limitada de los impactos acumulativos, con frecuencia limitada a fases de un proyecto específico. No cubre desarrollos de nivel regional ni proyectos múltiples.	Inherentemente, incorpora la consideración de los impactos acumulativos.

Los diferentes enfoques que existen para acometer o abordar la EAE hacen que ésta se aplique en diversos puntos de un proceso continuo como se pretende representar en la siguiente figura:

1. El tamaño creciente de los círculos refleja el peso acordado a las consideraciones medioambientales. Su grado de superposición indica hasta qué punto se integran.
2. La extremidad derecha del continuum implica una viabilidad real, cuyos tres pilares tienen un peso idéntico y son completamente integrados.
3. El objetivo de la integración medioambiental primero consistió en asegurar que las consideraciones del medio ambiente se tomaran en cuenta en la elaboración de las políticas, la planificación y la toma de decisiones; después en promover una integración creciente en el tratamiento de las consideraciones medioambientales, sociales y económicas.
4. Se ha logrado cierto progreso en la aplicación de las principales herramientas de evaluación estratégica medioambiental, social y económica, en vista de una integración creciente.



El resultado clave de una EAE es un proceso con resultados en el desarrollo; y a la vez asegurar el mantenimiento de la sostenibilidad ambiental, que será el indicador clave del éxito de la EAE. El éxito de la EAE pasa por considerar e incluir aspectos clave como son la calidad de la información, el nivel de participación de los interesados, los objetivos definidos para la evaluación de impactos ambientales, las actividades de seguimiento previstas y las limitaciones detectadas para el proceso.

Hay que mencionar dos importantes carencias a tener en cuenta cuando se realiza la EAE: la falta de conciencia sobre su valor e importancia; y la falta de conocimientos sobre cómo implementarla. Para el desarrollo de capacidad, el primer paso es hacer una evaluación de necesidades de capacidad con el desarrollo de medidas de apoyo como actividades de capacitación técnica, talleres para elevar la concienciación, apoyo para la institucionalización del proceso de la EAE y sus sistemas de evaluación, revisiones y evaluaciones sistemáticas, transparencia, los enfoques interdisciplinarios, y la creación de redes para compartir las experiencias vividas.

Para tener influencia y ayudar a mejorar la formulación de políticas, una EAE debe:

- Establecer objetivos claros
- Integrarse con las estructuras existentes de formulación de políticas y planificación.
- Ser flexible, interactiva y personalizada de acuerdo al contexto
- Analizar los efectos y riesgos potenciales de los PPP propuestos, y sus alternativas, en el contexto de un marco de objetivos, principios y criterios de sostenibilidad.
 - Ofrecer una justificación explícita para la selección de las opciones preferidas, y para la aceptación de los intercambios compensados (“trade-offs”) significativos.
 - Identificar oportunidades y limitantes ambientales, y referentes a otros factores.
 - Ocuparse de los nexos y los intercambios compensados entre las consideraciones ambientales, sociales y económicas
 - Volver partícipes activos a los interesados clave y llevar al público a participar activamente
 - Incluir un sistema para asegurar la calidad, que sea efectivo y de preferencia independiente.
 - Ser transparente en todo el proceso y comunicar los resultados
 - Ser costo-efectiva
- Instar a que se hagan revisiones formales del proceso de la EAE después de completarla, y hacer un monitoreo de los resultados de política, plan y programas.
- Construir capacidad tanto para emprender como para usar la EAE
- Para diseñar enfoques efectivos de la EAE, los practicantes tienen que ser conscientes de los siguientes puntos:
 - La planificación estratégica no es lineal, sino que es un proceso en complejo vaivén, influenciado por grupos de interesados con intereses en conflicto, y con agendas diferentes; por esto, es importante buscar ‘ventanas de oportunidad’ para iniciar la EAE durante los ciclos del proceso de toma de decisiones.
 - Las relaciones entre las opciones alternas y los efectos ambientales, frecuentemente son indirectas; así, deben enmarcarse en términos relevantes para todos los interesados (por ejemplo, los políticos, las agencias gubernamentales y los grupos de presión). Una manera de hacer esto es relacionar los efectos ambientales con sus prioridades específicas en materia de políticas
 - Los problemas estratégicos no pueden abordarse por medio de un análisis que se hace una sola vez; requieren un enfoque que se adapte y sea sostenido, a medida que las estrategias y la formulación de políticas se vayan configurando e implementando
- El valor de la EAE en la planificación estratégica depende en gran parte de que las autoridades responsables tengan la capacidad de mantener el proceso y actuar de acuerdo con los resultados.

2.6. Realización de la evaluación del impacto ambiental

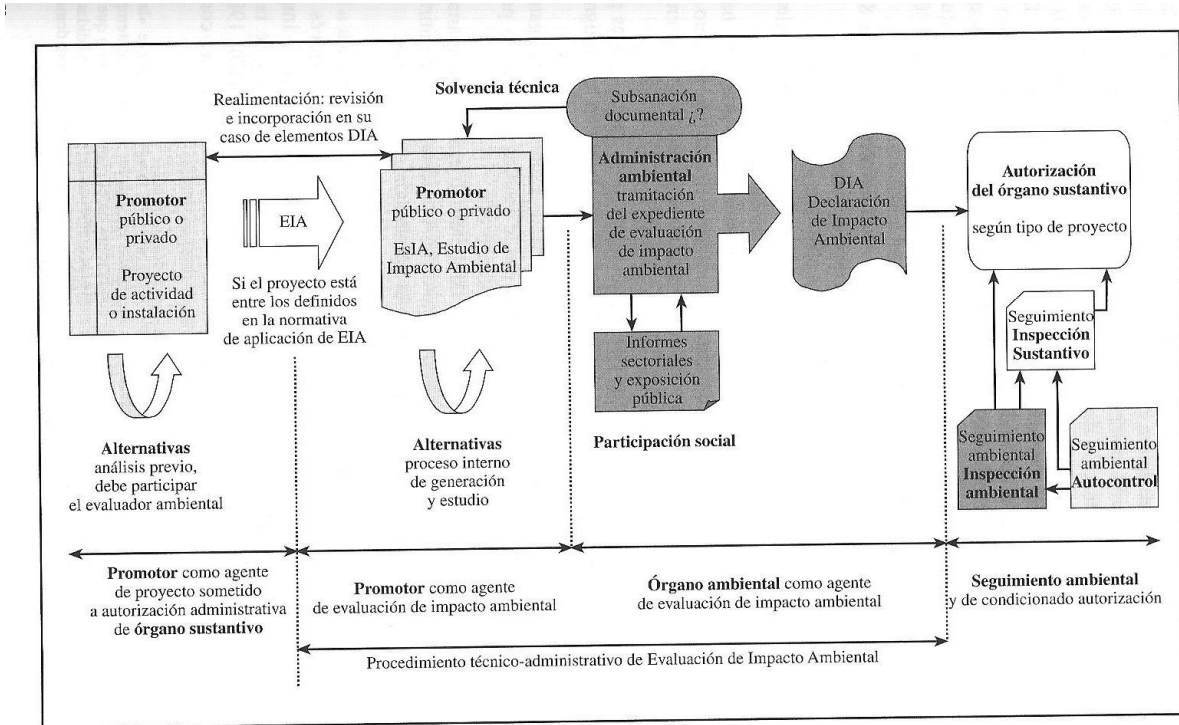
La realización de la evaluación ambiental es responsabilidad del líder o ejecutor del proyecto. Asimismo, el gobierno competente del proyecto realiza y propone los ajustes para la evaluación ambiental; estando muy generalizado la participación de consultores o asesores en la preparación y desarrollo de los análisis, tanto nacionales como internacionales con un alto grado de participación que permita la transferencia de conocimiento entre países y homogeneice los criterios aplicados en el proceso de evaluación ambiental.

El proceso de evaluación ambiental es más efectivo cuando los resultados, aunque estén en una fase preliminar, se compartan desde el inicio y además se integre al evaluador ambiental en el proyecto. De esta forma, posibles alternativas que surgen analizando aspectos medioambientales (emplazamientos, tecnologías, procesos, etc.) se pueden considerar seriamente, diseñando éstos como solución a los aspectos medioambientales críticos detectados. Este proceso permite optimizar al máximo el análisis de costos, ya que a posteriori siempre es más costoso y difícil seleccionar alternativas para la continuidad del proyecto. Por ello es imprescindible que se integre la evaluación ambiental en el proceso de evaluación y diseño del proyecto.

Los principios en los que se basa la EAI para que aporte el mayor beneficio y seguridad para el desarrollo de los proyectos son los siguientes:

- lo más participativa posible.
- lo más abierta, transparente y accesible
- certeza, logrando el máximo consenso entre todas las partes implicadas
- responsabilidad, la toma de decisiones debe ser responsable y consecuente
- credibilidad, debe ser objetiva y profesional
- coste-beneficio, ofrecer la mejor protección medioambiental al menor coste posible
- flexibilidad, ya que debe adaptarse a cualquier situación y toma de decisiones
- pragmática, aportando una información adecuada para que la toma de decisiones sea fácil

Un esquema general del proceso a seguir se presenta a continuación:



Tal y como se ha comentado con anterioridad, la coordinación entre todos los integrantes del proyecto de evaluación ambiental debe ser la mejor posible. Es necesario que se produzcan y promuevan continuas reuniones de coordinación y análisis para poder implementar la evaluación ambiental de forma adecuada y analizar la marcha del proceso. Trabajar sobre borradores hasta hacerlos definitivos tras el periodo de consulta y análisis facilita la seguridad de que el proyecto se está haciendo de forma adecuada, y los problemas ambientales detectados están todos contemplados y sus posibles soluciones y respuestas analizadas y aportadas en el plan. La toma de decisiones claves que debe acometerse a medida que avanza la preparación necesita esta coordinación para que pueda ser efectiva, asegurando de esta forma el éxito de la evaluación ambiental realizada. Dado que en la práctica algunas evaluaciones ambientales definitivas pueden estar preparadas poco tiempo antes de la etapa de evaluación, es muy importante revisar de forma exhaustiva los borradores para asegurar un alcance correcto en la evaluación ambiental para tratar los problemas ambientales identificados; así como una correcta comunicación entre todo el equipo integrante del proyecto. En general, una vez identificados los aspectos medioambientales críticos en las etapas iniciales, el resto del proceso de evaluación ambiental se focaliza en la proposición y desarrollo de medidas de atenuación de éstos.

Es muy conveniente que las evaluaciones ambientales internas previas realizadas se compartan y divulguen con los organismos y comunidades interesadas y afectadas que participan en la preparación del proyecto como se ha comentado, para lo cual es imprescindible el consentimiento del líder del proyecto. De esta forma se sientan las bases para evaluar y preparar las evaluaciones ambientales.

Dentro de los beneficios que aporta el desarrollo adecuado de una evaluación ambiental se pueden mencionar los siguientes:

- toma de decisiones examinadas desde la óptica ambiental
- localización y diseño óptimos del proyecto (fábrica, carretera, ...)
- mejor cumplimiento con estándares ambientales (evitar multas)
- ahorro de costes de inversión y mantenimiento
- reducción del tiempo y costes de para la aprobación de solicitudes de proyecto
- mejor aceptación del público al proyecto (por la fase de consulta obligatoria)
- disponibilidad de un proceso de control y vigilancia (control, gestión y evaluación de los efectos potenciales)

2.7. Evaluación de Impacto Ambiental en España

La aparición de sucesivas directivas ambientales procedentes de la Unión Europea obligó a España a trasponer en su normativa la legislación del impacto ambiental. Inicialmente hubo reticencias a la evaluación de impacto ambiental ya que se pensaba que el cumplimiento de esta normativa haría menos competitivas a las empresas, pero posteriormente se concluyó que es imprescindible el considerar los aspectos medioambientales en el estudio de cualquier proyecto, y evitar así llegar a situaciones irreversibles para todas las partes.

El proceso de transposición de la directiva se ha realizado de la siguiente forma:

- Directiva europea 85/337/CEE que se traspondría el 28 de julio de 1986 en Real Decreto legislativo 1302/1986 (aprobado en el RD 1131/88) obligando a realizar evaluación de impacto ambiental a industrias extractivas a cielo abierto, explotaciones agrícolas, y grandes presas; además de las obligadas por la Unión Europea como son aeropuertos, carreteras, ferrocarriles, eliminación de residuos peligrosos o radiactivos, cementeras, acerías, centrales térmicas, e industrias químicas (incluyendo refinerías de petróleo).
- Directiva europea 97/11/CEE que completa la anterior, y que se traspone en la ley9/2006.
- Reglamento
- Ley 6/2001 de Impacto Ambiental, que en su anexo I obliga a la realización de evaluación de impacto ambiental en 9 grupos de proyectos que son:
 - Agricultura, silvicultura, acuicultura y ganadería
 - Industria extractiva
 - Industria energética
 - Industria siderúrgica y del mineral. Producción y elaboración de metales
 - Industria química, petroquímica, textil y papelera
 - Proyectos de infraestructuras
 - Proyectos de ingeniería hidráulica y gestión del agua
 - Proyectos de tratamiento y gestión de residuos
 - Otros proyectos

En su anexo II hay otros proyectos que pueden o no ser incluidos según la valoración de la autoridad competente en base a sus características, ubicación, e impactos potenciales. En el anexo III aparece un procedimiento para aplicar a cada caso y determinar así si es o no objeto de evaluación.

- Ley 9/2006 sobre Evaluación Ambiental de planes y programas en la que se obliga a que los planes y los programas se evalúen desde el punto de vista ambiental. Muchos proyectos se desarrollaban en base a unos planes realizados por el Estado competente sin que su aspecto

ambiental estuviera contemplado, pudiendo crearse un grave problema medioambiental. Asimismo, en esta ley se obligó a que el plan fuera expuesto al público, y que éste recogiera todas las alegaciones planteadas para reflejarse en la Memoria Ambiental. Este documento, junto con el Informe de Sostenibilidad Ambiental (ISA), son los dos documentos que se necesitan para decidir la aprobación o no del plan propuesto.

- Ley 1/2008 del 11 de enero, que es la ley de Evaluación del Impacto Ambiental vigente en la actualidad.
- Ley 26/2007 sobre Responsabilidad Ambiental (Directiva 2004/35/CE) que se basa en el principio “quien contamina paga”.

2.8. Variables ambientales

El objetivo principal del proceso de evaluación ambiental es identificar aspectos ambientales críticos de las actividades a desarrollar en un proyecto, determinar sus efectos sobre una serie de variables ambientales, y cómo éstos pueden transmitirse a otras variables mediante las posibles interacciones que pueden aparecer entre ellas. Estas variables ambientales agrupadas en diversas áreas temáticas se describen a continuación:

2.8.1. Hidrología

Este término comprende el conjunto de procesos que están asociados al ciclo del agua. Dicho ciclo es crítico en el análisis ambiental de una cuenca, y por lo tanto es imprescindible contemplarla en la etapa de identificación y caracterización de los impactos ambientales que pueden generarse a partir de proyectos que se relacionen con un manejo integrado de cuencas. A continuación se describen algunos aspectos característicos de las mismas a considerar para el proceso de evaluación ambiental:

Régimen de flujo

El régimen de flujo describe las características físicas del flujo de un cuerpo líquido (río, arroyo, lago, etc.) en las diferentes épocas del año con respecto a sus niveles, caudales, el tiempo de duración, sus máximos y mínimos, sus niveles promedio alcanzados, etc.

Régimen de crecidas o avenidas

Se refiere solamente a un régimen de flujo que describe las características relativas a un período de crecida de las aguas. En este caso sus parámetros característicos son las crecidas pico, sus caudales, sus máximos, la duración y su frecuencia, su distribución estacional, su volumen, las áreas de remanso existentes, sus áreas inundables, etc.

Nivel freático

Es el nivel de las aguas subterráneas en diferentes puntos de la cuenca, cuando los acuíferos no están confinados. Constituye un indicador único para evaluar la posible disponibilidad de agua subterránea para su aprovechamiento. Es un parámetro que se ve afectado por los niveles de crecida y, en función del terreno existente y sus características, las variaciones del nivel freático pueden ser positivas o negativas medioambientalmente.

Zonas de recarga de acuíferos

Son zonas en las que se recarga y aumenta el nivel freático existente. Este es el caso de la existencia de humedales en las zonas altas de las cuencas que serán zonas de recarga permanente. También es posible disponer de unas zonas bajas de las cuencas en donde haya una transferencia de volumen muy elevada.

2.8.2. Calidad del agua

Este término se refiere a la composición que posee el agua, y cómo ésta se altera por la concentración de sustancias que se producen en el desarrollo de procesos naturales y/o actividades humanas. Este parámetro va a determinar el uso al cual pueda ser destinada esa agua en función de sus características. Por lo tanto, la calidad del agua para consumo humano debe y es distinta que la destinada a uso agrícola y/o industrial. Este término de calidad del agua se caracteriza por los siguientes parámetros:

Concentración de sólidos

La concentración de sólidos se refiere a la proporción de sólidos (minerales fundamentalmente) que están en suspensión en un determinado volumen de agua. El tamaño de las partículas y sus características físico-químicas van a determinar el tipo de agresión ambiental que pueden provocar, así como las distintas posibilidades que se pueden emplear en su tratamiento para adecuar al uso al que se quiera destinar. Para poder realizar los procesos de tratamiento se requiere disponer de infraestructuras que por lo general son muy costosas. La actividad humana es la causa principal que provoca un aumento en la concentración de sólidos en suspensión presentes en el agua como consecuencia del aumento de la erosión que genera.

Sustancias tóxicas

Constituyen un grupo de sustancias que provocan reacciones tóxicas en la población humana y animal por su consumo. Son sustancias tales como los desechos industriales, los metales pesados y las sustancias empleadas en la industria agroquímica. Por lo tanto, son sustancias consecuencia de las actividades industriales, mineras y agrícolas.

Compuestos orgánicos, nutrientes y patógenos

Los compuestos orgánicos que se encuentran en elevadas concentraciones y que provienen de instalaciones industriales de tratamiento de animales como pueden ser los mataderos (heces, sangre, restos de animales) demandan una gran cantidad de oxígeno (Demanda Biológica de Oxígeno, DBO, muy elevada), lo que provoca que los nutrientes (fundamentalmente fósforo, potasio y nitrógeno) se bloqueen y no ejerzan su función vital. Lo mismo ocurre con la presencia de organismos patógenos y bacterias y virus que van a constituir una fuente de transmisión de enfermedades críticas como el cólera o la hepatitis que inciden en las distintas especies del ecosistema.

2.8.3. Suelos

El suelo va a constituir el soporte para las especies vegetales y para gran número de especies animales. Además, es la base espacial de la naturaleza y el medio natural por el cual se produce el desarrollo de gran cantidad de actividades humanas como por ejemplo la agricultura, la minería, las carreteras, los desarrollos urbanísticos, etc. A través del suelo se va a desarrollar una gran parte de la fase terrestre del ciclo hidrológico.

Para poder analizar los potenciales impactos ambientales que puede provocar el suelo, es necesario analizar sus parámetros característicos que lo definen, y que se describen brevemente a continuación:

Propiedades del suelo

El suelo constituye un sistema dinámico que está formado por cuatro componentes básicos: la materia mineral, la materia orgánica, el agua, y los gases. Estos cuatro componentes se encuentran en una proporción tal que permiten que se desarrollen plantas en el ecosistema. Las diferencias que se pueden encontrar entre los diferentes tipos de suelos son consecuencia de sus distintas propiedades biológicas, físicas y químicas.

Las propiedades biológicas están relacionadas con la presencia de materia orgánica y de formas de vida animal como los microorganismos, las lombrices y los insectos. Dichas propiedades definen la capacidad de uso del suelo, así como su capacidad de erosión.

Las propiedades físicas del suelo van a definir su la capacidad de filtración y de almacenamiento de agua. Dentro de todas las propiedades físicas, las más importantes son la textura, la densidad aparente y la estructura. Estas, al igual que las biológicas, también van a definir la capacidad de erosión y de uso del suelo.

Las propiedades químicas de los suelos más importantes son la capacidad de intercambio catiónico, el grado de acidez, y la concentración en sales. Estas propiedades químicas van a definir la capacidad de uso del suelo, sobre todo en lo que se refiere a su utilización con fines agrícolas.

Cualquier proyecto que altere alguna de éstas propiedades del suelo descritas puede originar cambios ambientales que pueden provocar impactos negativos que se deben analizar y evaluar dentro de la etapa de evolución ambiental. A modo de ejemplo, la continua utilización de maquinaria agrícola puede provocar la pérdida de estructura del suelo consecuencia de la compactación del mismo y, por lo tanto, conducir a una reducción de la capacidad filtrante del suelo que posteriormente puede conducir a un aumento de la degradación superficial del suelo que conlleva un aumento de la degradación que origina zanjas, fosos, cárcavas, etc.

Contaminación del suelo

Cuando en el suelo están presentes restos de sustancias químicas que provienen de actividades humanas nocivas, se provoca la contaminación del suelo (metales pesados, agroquímicos, etc.). Esto provoca una reducción de la capacidad de uso del suelo que limita sus propiedades tanto físico-químicas como biológicas.

Capacidad de uso del suelo

Esta característica está referida al potencial de un suelo como medio para el desarrollo de diferentes actividades agrícolas como los cultivos. Para determinar esta propiedad es necesario analizar las propiedades del suelo, la topografía del terreno, el clima, el tipo de cultivo, así como los requerimientos del mismo.

Las actividades humanas inciden muy sustancialmente en las capacidades de uso del suelo y, por lo tanto, es necesario evaluar en todo momento cómo afectan éstas a las características del suelo, y poder así planificar medidas atenuantes que permitan desarrollar proyectos que no afecten o incidan en menor medida sobre las capacidades del suelo como recurso de desarrollo.

Sedimentación

Los sedimentos son transportados y depositados de forma natural. Como consecuencia de la actividad y/o intervención humana, este proceso natural se puede alterar, provocando una serie de impactos como pueden ser la destrucción de infraestructuras, daños en cosechas, inundaciones, etc. La naturaleza química de los sedimentos transportados determina la modificación de la naturaleza del suelo en dónde se deposite, pudiendo o no enriquecerse y contribuir positivamente o viceversa.

El proceso natural de sedimentación está caracterizado por factores geológicos, hidrológicos y socioeconómicos. Los factores geológicos son los que caracterizan el tipo de formación y las condiciones estructurales. Los factores hidrológicos son los que determinan las características de las lluvias, las corrientes y erosiones, la capacidad y formación de la red de drenaje, así como el tipo de geometría del cauce. Por último, los factores socio-económicos determinan las iniciativas relacionadas con el uso de la tierra y de sus recursos en la cuenca.

Relieve, topografía y paisaje

Con el nombre de paisaje nos referimos a la configuración externa existente en un espacio geográfico, el cual está definido por su relieve, su topografía, su vegetación, la presencia de agua, la existencia de especies animales, y la presencia de actividad humana.

El relieve se refiere a la configuración fisiográfica de una cuenca, mientras que la topografía está referida a las irregularidades que presenta el terreno. Estas características naturales se pueden alterar por los proyectos de ejecución desarrollados en cuencas.

Cualquier obra realizada para el control de las inundaciones por ejemplo va a alterar la topografía del lugar y, por lo tanto, las características del paisaje. Otro ejemplo lo constituye la construcción de presas para el almacenamiento de agua que altera el paisaje y sus características.

2.8.4. Geodinámica

Erosión superficial

La existencia de procesos de erosión superficial provoca la pérdida de suelos, bien sean éstos de naturaleza natural o provocados por la acción de la actividad humana (como ocurre en el caso de la actividad agrícola, o bien en la construcción de infraestructuras viales en zonas de mucha pendiente

con suelos muy sometidos a erosión). La erosión de los suelos varía en función de la capacidad de erosión del suelo, de la capacidad de erosión de la lluvia, de la velocidad y dirección del viento, la longitud y gradiente de la pendiente del suelo, el tipo e intensidad de la intervención planificada sobre el suelo, y del tipo y grado de cobertura vegetal del suelo.

Inestabilidad de laderas

Las laderas naturales existentes en un área. Así como las construidas por la actividad humana pueden perder estabilidad y deslizarse sobre una superficie plana, provocando impactos en todo su camino. Cuando existen ríos próximos a ellas, es muy posible que se produzcan estancamientos o presas del agua que pueden provocar inundaciones aguas abajo.

Morfología del cauce y patrón de drenaje

El patrón de drenaje junto a la morfología del cauce van a determinar el régimen de flujo, los niveles de erosión y de sedimentación. Según sea la densidad, la forma y la orientación del patrón de drenaje; así como la pendiente, la configuración y la dimensión de los cauces, se provocarán unos impactos de distinta naturaleza y envergadura que pueden provocar cambios a mucha distancia del área afectada. Cuencas de pequeño tamaño con grandes pendientes originan flujos rápidos por cauces poco sinuosos, y viceversa, cuencas grandes de suaves pendientes producen flujos lentos a través de cauces muy sinuosos.

Fallas activas

El análisis de los rasgos tectónicos permite definir o determinar las fallas y las situaciones de riesgo sísmico que caracterizan las zonas de interés.

2.8.5. Biota

Es necesario tener en cuenta los aspectos referidos a la biota cuando se trata de proyectos de manejo integrado de cuencas. La biodiversidad se altera y reduce con la desaparición de los bosques naturales que afecta tanto a los recursos y características de las áreas afectadas como de zonas muy lejanas a éstas. Muchas especies de aves migran estacionalmente y una alteración de alguna de sus áreas conducirá a su extinción, lo que conllevará a una alteración del balance ecológico de esas áreas.

Especies vegetales y animales

El conocimiento de la composición de la flora y la fauna existentes en las áreas no intervenidas de la cuenca es uno de los puntos importantes a contemplar en el desarrollo de los proyectos de manejo integrado de cuencas.

La posible existencia de especies raras, endémicas o en peligro de extinción se debe tener muy presente. Esta información nos permitirá disponer de una idea lo más ajustada posible sobre el impacto que las acciones y medidas a acometer en el desarrollo del proyecto pueden ocasionar a estas especies.

Migración animal

Este término de migración animal se refiere a la característica de algunas especies animales a movilizarse de forma temporal y espacial en determinadas épocas del año.

El desarrollo del proyecto puede interferir en las rutas migratorias de estas especies que puede alterar su preservación. Es necesario actuar de forma preventiva y/o correctiva para seguir asegurando la conservación y reproducción de las especies.

Biodiversidad

La enorme cantidad de organismos vivos, sus hábitats, junto con los sistemas ecológicos de los que forman parte constituyen lo que se conoce como biodiversidad, también conocida como diversidad biológica.

El desarrollo de los proyectos a acometer puede alterar la biodiversidad de una forma positiva, protegiéndola a través de crear nuevas áreas protegidas, o de una forma negativa reduciendo la biodiversidad (por ejemplo al introducir especies de alta productividad que desplazan a especies autóctonas existentes en un área).

2.8.6. Sosiego público

En este apartado se incluye el análisis y evaluación de aquellos aspectos ambientales potenciales que afectan a las condiciones de vida de la población, y que tienen su razón de ser en el desarrollo de la mayoría de los proyectos industriales. Dentro de estos aspectos se encuentra el ruido, el olor, las vibraciones, y las emisiones lumínicas. Todos ellos deben estar muy presentes en los estudios de impactos ambientales, y sobre todo las medidas correctivas y preventivas que se proponen a lo largo del desarrollo del proyecto con el objetivo de eliminar o reducir dichos impactos.

2.8.7. Variables socio-económicas

La evaluación de impactos ambientales debe incluir también la consideración de algunas variables socioeconómicas fundamentales, las cuales afectan de manera directa o indirecta al medioambiente. Las variables más importantes son las siguientes:

Estructura y tamaño poblacional

Se refiere a la distribución de la población según la edad y su género, sus niveles de ingreso, y sus ocupaciones. El tamaño poblacional se refiere al número de habitantes que hay en una determinada localidad, región o país.

Ambos parámetros pueden alterarse con la ejecución de un proyecto. Por ejemplo, el desarrollo de un proyecto de inversión puede conducir a la creación de empleo en un sector aumentando la población activa, lo que puede influir en un desequilibrio y variación de los niveles de ingresos de la población.

Niveles de ingreso y empleo

Al igual que las anteriores, estas dos variables deben ser analizadas mediante la evaluación financiera y socio-económica de los proyectos. Lo normal es que el objetivo del proyecto, sea cual sea su naturaleza, vaya encaminado a aumentar los niveles de ingreso y empleo de la población.

Migración

Se refiere a los desplazamientos efectuados por la población en un área determinada. Esta puede ser favorable o no según las condiciones socio-económicas y físico-bióticas de la zona. Estos movimientos afectan a la estructura y el tamaño de la población, influyendo aspectos de ésta como las características étnicas y/o religiosas.

Reasentamientos de población

Muchos proyectos necesitan para su desarrollo el reasentamiento de población como mano de obra. Por ello se debe evaluar y analizar todo lo que el área de desarrollo necesita para proporcionar los servicios adecuados a esta nueva población. No obstante, es una medida muy delicada que debe ser analizada muy cuidadosamente para evitar el empeoramiento de las condiciones de vida de la población y la degradación de la calidad ambiental en las áreas seleccionadas para el reasentamiento de la población.

Cambios de uso del suelo

Cuando por el desarrollo de un proyecto en un área determinada se produce un cambio en las actividades realizadas en ella, debiendo tener en cuenta la posible utilización de su suelo para las actividades propuestas (por ejemplo pastoreo, o extracción de madera). Evaluar si el suelo es apto para esa nueva utilidad, y cómo se van a alterar las condiciones ambientales existentes en la zona antes del inicio del proyecto propuesto

Rol de la mujer

El rol de la mujer es un aspecto a tener en consideración en el desarrollo de todo proyecto. La necesidad de incorporar a la mujer en la base social para la distribución de beneficios, así como la necesidad de movilizar a la mayor cantidad de recursos disponibles para el desarrollo del proyecto, hacen que la mujer desempeñe una importante función como productor y responsable que en la práctica no está plenamente reconocido.

El análisis de este aspecto en el diseño del proyecto contribuirá a reconocer y potenciar el aporte de la mujer en el desarrollo y beneficio del proyecto.

Efectos regionales

Los efectos regionales del desarrollo de un proyecto deben ser identificados y analizados. Así por ejemplo, la protección de ciertas áreas urbanas o agrícolas puede estimular la inversión en esas zonas, o afectar los mercados locales por sobreproducción.

Participación de la población

La participación de los beneficiarios es determinante en el éxito en el desarrollo u ejecución de los proyectos. Es necesario realizar consultas y contar en tofo momento con los potenciales beneficiarios o interesados (“stakeholders”) durante la fase de preparación del proyecto, así como diseñar de forma adecuada su participación en la ejecución de las fases cruciales del proyecto. La ausencia de participación se traduce en incomprensión y falta de entusiasmo de los beneficiarios en el desarrollo del proyecto.

Salud pública

Tanto para la población local existente como para la población que hay migrado o se haya reasentado en la zona de desarrollo del proyecto, es necesario evaluar y analizar los aspectos siguientes:

- Agua y red de alcantarillado. Adecuado control sobre el agua de consumo humano y los residuos tanto líquidos como sólidos.
- Habitabilidad. Tipo y condición de las viviendas.
- Servicios de salud. Tipo de servicios y calidad de los mismos.
- Nutrición. Estado nutricional de la población.
- Riesgos de enfermedades endémicas o infecciosas (sobre todo para la población reasentada).
- Otros riesgos consecuencia de presencia de contaminantes o aparición de accidentes por falta de estructuras o maquinaria.

A modo de ejemplo, la realización de proyectos de construcción de infraestructuras puede afectar a grupos de población autóctonos que están desprotegidos frente a determinados tipos de enfermedades.

Áreas urbanas e infraestructura

Las acciones de desarrollo de un proyecto pueden afectar a las áreas urbanas y a sus infraestructuras, sean éstas directas o indirectas.

A modo de ejemplo, áreas vecinas de grandes metrópolis pueden estar sujetas a presiones urbanizadoras que ocupen tierras aptas para la agricultura con infraestructura urbana, las acciones de manejo de suelos reducen los sedimentos y protegen los embalses de su sedimentación.

2.9. Impactos ambientales potenciales de infraestructuras

Los potenciales impactos ambientales de intervenciones humanas varían mucho, en función del tipo y característica de la intervención. Existe una relación entre el impacto (I) y la población (P), el nivel de renta o ingresos (R) y la tecnología (T) de forma que los impactos son más severos cuanta más población, más renta y más desarrollo tecnológico haya.

$$I=P \cdot R \cdot T$$

A continuación se describen y analizan brevemente algunas intervenciones en diversos sectores a partir de sus impactos ambientales potenciales:

Caminos rurales

Los impactos ambientales en caminos rurales deben incluir los efectos directos que ocurren en el área de la construcción y sus alrededores, y los indirectos en el área adyacente. El área de influencia mayor para el desarrollo de un proyecto de camino rural son sus efectos económicos, sociales y ambientales inducidos, tanto si han sido planificados o ocurren de forma espontánea, y son el resultado del mayor acceso físico y la reducción de los costos de transporte.

Caminos, carreteras y vías férreas

El impacto ambiental del desarrollo de proyectos para la construcción de vías terrestres, que abarca desde autopistas, hasta caminos principales, desvíos, y vías férreas, puede ser directo o indirecto, así como positivo o negativo. Las vías no pavimentadas pueden ocasionar impactos considerables, de mayor envergadura que los pavimentados y la modificación u optimización de los ya existentes.

Desarrollo de áreas urbanas

Las ciudades desempeñan una función fundamental en el proceso de desarrollo. Son zonas productivas cuyo aporte al crecimiento económico es muy importante. A pesar de ello, es necesario evaluar y analizar en detalle y de forma muy cuidadosa el proceso de crecimiento urbano, ya que ocasiona un deterioro de las condiciones ambientales anexas.

Al ser las ciudades un lugar donde se produce un crecimiento demográfico, y en dónde hay un desarrollo de la actividad comercial e industrial, es en ellas en dónde se concentra la mayor utilización de energía y de recursos, así como la generación de residuos. Los sistemas naturales y artificiales existentes no son suficientes para absorber tal acumulación y se sobrecargan, dejando de ser manejables. Con el rápido crecimiento demográfico que hay hoy en día en las ciudades, la situación es cada vez más crítica.

Desarrollo de petróleo y gas

En la producción de petróleo y gas es necesario tener en cuenta y evaluar los desechos sanitarios y desechos domésticos tratados que se producen, así como los lodos de perforación y las aguas tratadas. Este tipo de procesos pueden tener lugar en el mar con las plataformas que existen para explotar los pozos del fondo detectados, o bien en instalaciones industriales situadas en tierra. Según sea el proceso analizado y evaluado, las emisiones que se emiten a la atmósfera pueden deberse a diversas causas. En el caso de plataformas en el mar, las emisiones atmosféricas que se producen son debidas a la utilización de los generadores y las bombas diesel, a las deyecciones con fuego y liberación de gas sulfuroso (sulfuro de hidrógeno) producidas, y a las emisiones que se producen durante las etapas de transporte y transferencia de ambos productos. En las instalaciones industriales en tierra, las emisiones atmosféricas son producidas por los procesos operativos de las refinerías de petróleo o de las plantas de procesamiento de gas, así como durante la fase de descarga de los buques que los transportan.

Estos procesos requieren numerosas y diversas actividades industriales como la construcción de las plataformas, la preparación de los caminos de acceso, la preparación de las zonas para los aviones, los oleoductos de recolección y transporte, las instalaciones auxiliares de apoyo necesarias para el buen funcionamiento de las instalaciones, etc. Dichas actividades son las responsables de la aparición de impactos que causan fundamentalmente alteraciones de la superficie, una gran

cantidad de emisiones de ruido, emisiones atmosféricas ya comentadas, aumento del tráfico y posibles accidentes, derrames de petróleo, descarga de aguas producidas con tratamiento, aparición de contaminación atmosférica a causa de la quema de los gases indeseables producidos o extraídos y de los pozos de desechos de petróleo, descargas del gas sulfuroso, y una afluencia continua de trabajadores de construcción. Estos impactos hay que evaluarlos, analizarlos, y reducirlos o eliminarlos en la medida que sea posible durante la realización del proyecto. Los principales aspectos de riesgo de tales instalaciones que se pueden producir de forma no rutinaria y prevista suelen ser los reventones con fuego o liberación de gas sulfuroso (sulfuro de hidrógeno), el colapso de la plataforma, la rotura del oleoducto, la muerte de animales marinos, la limitación del uso del suelo en esa área, y el choque del tanquero.

Líneas de transmisión

Las líneas de transmisión consisten principalmente en sistemas terrestres de transmisión que se construyen sobre humedales, arroyos, ríos, bahías, montes, y cerca de las orillas de los lagos, etc. Pueden tener desde pocos kilómetros a cientos de ellos de longitud, siendo el derecho de vía en dónde se construyen estas líneas de transmisión función del tamaño de la línea y del número de líneas de transmisión a instalar (normalmente suelen variar de 20 a 500 metros de ancho).

Los impactos ambientales negativos que pueden ocasionarse con los proyectos de instalación de las líneas de transmisión son provocados por la construcción, la operación y mantenimiento de las mismas. En el lado positivo, los derechos de vía de las líneas de transmisión pueden ser beneficiosos para la fauna si se manejan adecuadamente. Así, las áreas desbrozadas para el desarrollo del proyecto pueden proporcionar sitios de reproducción y alimentación para las aves y los mamíferos, además de poder aumentar la diversidad del área como consecuencia del contacto entre el derecho de vía y la vegetación existente.

Navegación

El medio ambiente puede verse muy dañado por la liberación de contaminantes tanto de origen natural como derivados de la actividad del hombre a consecuencia del desarrollo de la navegación, los cuales pueden tener efectos sinérgicos entre sí combinándose los efectos físicos, químicos y biológicos. El agua, la tierra y el aire pueden contaminarse a partir del desarrollo de actividades propias del sector como son las operaciones de dragado, la eliminación de materiales, las actividades de construcción, y un mayor tránsito marítimo.

Los impactos potenciales en este sector incluyen los derrames, las descargas de petróleo, la liberación de contaminantes, la pérdida de hábitats, eliminación de materiales, erosión y sedimentación por posibles cambios hidrológicos ocasionados, y pueden provocar alteraciones de la circulación y seguridad en el transporte,. Estos impactos deben ser objeto de evaluación para paliar lo máximo posible sus efectos con el desarrollo del proyecto

Oleoductos y gasoductos

La instalación de oleoductos tanto en tierra como en el mar se realiza mediante una serie de operaciones que pueden causar serios daños al medio ambiente. Sin ánimo de revisar de forma exhaustiva cuales son, las más comunes y que pueden tener un impacto medioambiental de mayor envergadura son el desbroce del derecho de vía; la excavación de zanjas; el levantamiento topográfico; su colocación, el doblado, su soldadura, el revestimiento de la tubería; la instalación

de la protección catódica para controlar la corrosión, su colocación en la zanja cuando se trata de los oleoductos enterrados; el relleno y la limpieza de la zanja, y el dragado y la eliminación del lodo producido cuando se trata de terrenos húmedos.

En los casos en que las tierras están completamente saturadas, o se proyecta su ejecución en el mar o en las lagunas, se emplean barcazas para dragar el suelo, fabricar la tubería y colocarla finalmente. Normalmente, se suele anclar la tubería con bloques de cemento o mediante la preparación de un entubado de hormigón. En este caso es necesario tener muy en cuenta la acción de las olas y las corrientes que alteran de forma constante el desarrollo de las operaciones a realizar.

Presas hidráulicas

El desarrollo de este tipo de proyectos provoca cambios medioambientales irreversibles en el área geográfica destinada, que suele ser muy extensa y, por lo tanto, puede originar impactos potenciales muy importantes.

Últimamente este tipo de proyectos goza de mala prensa, y son muy criticados ya que los beneficios que se logran alcanzar con su desarrollo son menores a los costos sociales, ambientales y económicos que hay que asumir. No obstante, si se proyecta una infraestructura de este tipo es imprescindible tratar de eliminar o reducir estos costos ambientales y socio-económicos a niveles aceptables, debiendo analizar, evaluar y proponer medidas correctoras (y de prevención si es posible) para lograr ese objetivo de controlar adecuadamente los problemas potenciales.

Protección contra inundaciones

Existen unas zonas en las cuales son habituales las inundaciones, y por ello, sus tanto sus ecosistemas como sus poblaciones están habituadas y adaptadas a esta situación. A excepción de que se dé una catástrofe como consecuencia de una inundación muy severa, estas zonas dependen de esa inundación periódica. Tratar de eliminar ese proceso de inundación natural y los beneficios que ésta trae es el origen de los potenciales impactos ambientales más importantes basados en las medidas estructurales de protección desarrolladas por el hombre para controlarlas.

Estas zonas naturales son productivas gracias a que la inundación las hace así mediante una renovación de la humedad del suelo, y la deposición de limo que hace estas zonas más fértiles. Se puede afirmar a decir que algunas zonas áridas sólo reciban esta fuente de riego natural en forma de inundación. Por lo tanto, toda actividad de desarrollo que trate de reducir o eliminar estas inundaciones naturales puede provocar una recesión potencial de la agricultura de estas tierras empobreciéndolas, modificar y eliminar su vegetación natural, sus poblaciones de flora y fauna (ganado, pesca,...).

Proyectos de vivienda a gran escala

Los proyectos de macro-urbanización tan habituales con el desarrollo provocan la pérdida de tierra; a menudo fértil y útil para su uso agrícola como consecuencia más importante de esa urbanización. Las tierras fértiles y húmedas, los bosques, el hábitat que puede incluir especies raras y/o en peligro de extinción, la contaminación del aire consecuencia del uso de combustibles de calefacción y cocina, los residuos de todo tipo (sólidos y líquidos fundamentalmente) generados que se deben eliminar de forma adecuada, la alteración de los sistemas naturales de la zona (mayor erosión y

sedimentación), la calidad del agua tanto superficial como subterránea, etc., se encuentran en clara amenaza con estos proyectos. Para combatir esta amenaza se deben implementar políticas específicas de planificación y control apropiadas por todas las partes implicadas, tanto los responsables de los proyectos como las autoridades competentes.

Es necesario asegurar el valor de todos estos recursos a largo plazo, debiendo establecer un equilibrio entre tales recursos perdidos o alterados y la necesidad de vivienda.

Proyectos hidroeléctricos

Dentro de tales proyectos se incluyen las represas, los reservorios, los canales, los conductos, las centrales eléctricas, y las playas de distribución que se emplean para generar electricidad. Cuando las características de lluvia de la cuenca hidrográfica y el caudal del río son adecuados y suficientes, es posible que se puedan proporcionar uno o más de los siguientes servicios: riego, control de inundación, fuente de agua, actividades recreativas, pesca, navegación, control de sedimento, control de los atascamientos de hielo, y control de las roturas de los lagos glaciales. Cada uno de estos componentes por sí mismos tiene unos impactos ambientales potenciales positivos y negativos, los cuales se deben analizar y evaluar en el desarrollo de estos proyectos, proponiendo medidas preventivas y correctivas.

Puertos y bahías

El desarrollo marítimo genera problemas medioambientales potenciales que difieren según su ubicación y las variaciones en su geografía, hidrología, geología, ecología, industrialización, urbanización y tipos de embarque. Una modificación proyectada para la construcción de estructuras artificiales que provocan la alteración de las aguas naturales resulta en impactos potenciales directos e indirectos sobre los ecosistemas, la población de la zona, y la masa de agua. Actividades del proyecto tales como las operaciones de dragado, la eliminación de materiales, el desarrollo de la zona de playa, el mayor tránsito marítimo, y el aumento de vehículos en el puerto; pueden provocar la aparición de contaminantes naturales y derivados de la actividad del hombre en el medio ambiente de la zona.

Los impactos potenciales en el medio acuático más destacados son los derrames y descargas de petróleo; la liberación de contaminantes, la alteración del sedimento, el flujo superficial, la destrucción del hábitat; los cambios en la composición química, las modificaciones en la circulación del agua; las preocupaciones ocupacionales y de salud pública; y la seguridad en el transporte.

Los impactos potenciales en el medio terrestre a destacar son la contaminación por la eliminación de materiales dragados, la erosión y la sedimentación (como consecuencia de los cambios hidrológicos ocasionados por el desarrollo del canal), y el desarrollo de la zona de playa (construcción de rompeolas, etc.), la pérdida de hábitats (debido al desarrollo de la playa), y la pérdida de usos actuales y futuros del suelo.

Los impactos potenciales que se pueden originar en el medio aéreo son fundamentalmente la degradación, el tránsito de vehículos, y la generación de polvo fugitivo contaminante.

Recolección y eliminación de basura

Los residuos sólidos que se abandonan constituyen una molestia pública de primera magnitud. Su presencia puede originar la obstrucción de los desagües y drenajes abiertos, pueden invadir los caminos, deterioran y reducen la estética del panorama, emiten olores desagradables, y producen emisiones de polvos con características irritantes.

El desarrollo de un proyecto de esta naturaleza se debe diseñar de forma apropiada para que se adecue a las necesidades y los patrones de comportamiento de la población de la zona afectada, ya que puede provocar unos impactos potenciales mayores relacionados con los residuos abandonados. Por lo tanto, este tipo de proyectos relacionados con los residuos sólidos debe incluir el análisis y evaluación de la posible mejora y optimización de su recolección, siendo el objetivo principal la reducción de los desechos abandonados.

Además, si los residuos sólidos no son confinados y retirados de forma apropiada se puede crear un impacto potencial sobre la salud pública. Si estos residuos no está protegidos, puede existir un contacto directo con ellos por parte de la población, y sobre todo por parte de los trabajadores que se encargan de su recogida y eliminación, que provoca efectos nocivos. Es imprescindible que en el desarrollo de este tipo de proyectos se tenga en cuenta la protección de la población y los trabajadores en primera instancia, proponiendo y suministrando elementos de protección como guantes, botas, o uniformes, y la adecuación de instalaciones de limpieza. Por lo tanto, debe contemplarse la consideración de los costos económicos necesarios para la contención de los residuos generados y la protección de los trabajadores, que eviten el impacto potencial sobre la salud.

Riego y drenaje

El principal beneficio del desarrollo de proyectos de riego en la mayor producción de alimentos. Si además se concentra e intensifica la producción en un área localizada pequeña se puede lograr la protección de los bosques y de las tierras silvestres, evitando que se conviertan en terreno agrícola. La cobertura vegetal y la preparación de la tierra permiten reducir la erosión del suelo. El desarrollo de estos proyectos tiene también un beneficio positivo en la salud al mejorar la higiene y al reducir la incidencia de algunas enfermedades, así como en la moderación de las inundaciones.

Por el contrario, los impactos potenciales negativos directos como consecuencia de la utilización del agua freática para el riego se basan en el consumo superior al grado de recuperación, lo que origina una reducción del nivel del agua freática, que a su vez provoca el hundimiento de la tierra, la disminución de la calidad del agua, y permite la entrada de agua salada en áreas próximas a la costa.

Dentro de los factores ambientales externos que afectan al desarrollo de este tipo de proyectos está el uso de la tierra, que va a afectar a la calidad del agua del área de riego sobre todo respecto a su contenido en sedimento por la erosión provocada por la agricultura que puede elevar el nivel de la tierra a tal punto que puede incluso impedir el riego, y la composición química del agua con respecto a la presencia de contaminantes de origen agrícolas y/o industriales.

Sistema de agua potable

Los proyectos de desarrollo de agua potable tienen unos indudables impactos positivos para la salud, no pudiendo vivir en ciudades y pueblos sin este recurso básico.

Dentro de esos proyectos, y a modo de ejemplo, se pueden englobar la construcción, la expansión o rehabilitación de represas y reservorios, los pozos y estructuras receptoras, las tuberías principales de transmisión, las instalaciones de bombeo, las obras de tratamiento, los sistemas de distribución, etc.

Tratamiento y eliminación de aguas

Los contaminantes que suelen estar contenidos en las aguas de abastecimiento suelen ser los sólidos en suspensión y disueltos. Fundamentalmente consisten ambos en materias orgánicas e inorgánicas, nutrientes, aceites, grasas, sustancias tóxicas, y micro organismos patógenos.

Cuando el proyecto no incluye un tratamiento de estas aguas antes de su utilización, existen los mismos peligros para la salud pública en el punto de descarga. Estos peligros pueden presentar efectos sinérgicos como la acumulación de sólidos que afecta al hábitat acuático y marino; la reducción de la presencia de oxígeno como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica que provoca la desaparición de los organismos acuáticos y marinos e incluso a otros organismos superiores a través de la bioacumulación en las cadenas alimenticias, y la eutrofización por alto contenido de nutrientes que crea una gran cantidad de vegetación que puede afectar a la pesca y a las áreas recreativas.

Es necesario tener en cuenta para el desarrollo correcto de este tipo de proyectos se debe manejar adecuadamente los residuos sólidos que provienen del tratamiento de las aguas (grava, cerniduras, lodo primario, y lodo secundario) para evitar que contaminen el suelo y el agua. Asimismo, planificar, analizar y evaluar el tratamiento para los residuos humanos que deben eliminarse en su origen para evitar que sean un peligro de infección parasitaria (por contacto directo con la materia fecal), hepatitis, cólera, tifus u otras enfermedades gastrointestinales que tienen su origen en la contaminación de la fuente de agua y de comida.

2.10. Impactos ambientales potenciales de actividades agrícolas y forestales

Agricultura y el desarrollo rural

En el desarrollo de este tipo de proyectos de desarrollo agrícola existen tres clases de impactos potenciales ambientales, el impacto del desmonte o recuperación de nuevas tierras destinadas para algún proyecto agrícola, el efecto de la intensificación de la producción de las tierras agrícolas existentes, y por último la sustentabilidad de los proyectos agrícolas.

Todo tipo de ganado (sea éste vacuno, bobino, porcino, o equino) pisa en los campos libremente y pisotea el suelo provocando su compactación. Dicha compactación se cataloga como un impacto ambiental negativo ya que la vegetación existente en los suelos para el pastoreo necesita un mínimo de espacio de aire para oxigenar sus raíces y poder así acometer los procesos químicos necesarios para su crecimiento y fertilización (como por ejemplo la nitrificación), espacio que se elimina por esta compactación que produce el ganado al pastar en esos suelos, lo que conduce a suelos infértiles con el tiempo.

Colonización de tierras nuevas

La colonización de nuevas tierras puede darse de una forma planificada o bien de una forma espontánea. La colonización planificada lo hace a partir de la división de las tierras grandes en pequeños lotes que se reparten entre la población que las explotará y mantendrá. Por otro lado, la colonización no planificada se basa fundamentalmente en la expansión hacia áreas cuyo uso era otro distinto y, por lo tanto, lograba la ampliación de las zonas agrícolas mejorando la degradación destinada a esos suelos. Esta degradación del suelo es el punto clave a analizar y desarrollar en este tipo de proyectos, estableciendo las medidas preventivas y/o correctivas que sean posibles.

Control integrado de plagas y uso de agroquímicos

En la actualidad las acciones y/o actividades que se planifican y realizan para aumentar la productividad de los cultivos (como el monocultivo de las variedades de alta producción, la utilización de fertilizantes, el cultivo múltiple a partir de la eliminación de los suelos en barbecho, etc.) conducen a un ambiente más favorable para el desarrollo de las plagas, los insectos, la maleza, y los patógenos. De ahí que existiendo siempre alimento disponible, este tipo de impactos ambientales potenciales se van a producir y por ello es imprescindible para este tipo de proyectos que se analice, evalúe, planifique y se planteen medidas alternativas para la contención de los mimos.

El empleo de pesticidas para tratar de combatir dichos impactos de una forma indiscriminada y sin control ha provocado que las especies de plagas se hayan hecho resistentes a éstos ofreciendo mucha más resistencia y reduciendo la posibilidad de su control. En base a esta experiencia, actualmente los especialistas en la protección de los cultivos proponen la utilización de un manejo integrado de plagas como medio más diversificado, duradero, y eficaz.

Manejo de bosques naturales

El desarrollo de este tipo de proyectos tiene como eje central el planificar un manejo adecuado de los bosques naturales para apoyar una producción sostenible de la gran cantidad y variedad de productos que se derivan de la madera, de forma que se preserve la capacidad de recurso ambiental del bosque, se conserve su biodiversidad, y se protejan la subsistencia para todas aquellas especies que viven gracias al bosque o están en peligro de extinción.

Los impactos ambientales negativos fundamentales para este tipo de proyectos son el desbrozo cuyo objetivo es destinar el suelo del bosque para otros usos como la agricultura o ganadería, la degradación del bosque apareciendo especies secundarias como matorrales o tierras baldías, un aumento de la erosión y sedimentación de los recursos acuáticos, las inundaciones, la escasez de agua, la degradación de los ecosistemas acuáticos, la reducción de los recursos genéticos y su alteración, y un aumento de los impactos socioeconómicos.

Manejo de ganado y terreno de pastoreo

La utilización de la tierra de áreas no aptas para su uso agrícola para el pastoreo del ganado permite una utilización productiva de tierras áridas o semiáridas, en las cuales hay escasez de agua por falta de lluvias. El pastoreo mejora la fertilidad del suelo a partir del estiércol y sus características físicas de forma que el impacto potencial es positivo. Por lo tanto, los proyectos de desarrollo ganadero son una posibilidad muy eficiente para el manejo de las tierras marginales y poco utilizables, lo que mantiene la productividad del ecosistema y optimiza la producción de alimentos a partir de un mínimo de insumos.

Por el contrario, los impactos ambientales potenciales negativos en los terrenos de pastoreo se relacionan con el desarrollo de actividades como la agricultura, el desarrollo de los recursos hídricos, los programas de colonización, proyectos de minería, etc. Estos provocan la reducción o imposibilidad de que exista pastoreo y degradan sus recursos.

Pesca

Actualmente la demanda de este tipo de producto es excesiva y está en los límites de la producción en muchas especies, deteriorándose muchos recursos pesqueros. Asimismo, las actividades humanas influyen en gran medida en dicha productividad tanto en los sistemas de agua dulce como salada.

Los principales impactos ambientales potenciales a tener en cuenta para el desarrollo de este tipo de proyectos son fundamentalmente la contaminación procedente de las áreas industriales, urbanas y/o agrícolas, el uso de la tierra en las cuencas hidrográficas, y el manejo de las aguas. Estos impactos influyen negativamente en las operaciones de pesca tanto tradicional como comercial, así como en la actividad recreativa y el turismo. Asimismo, los recursos pesqueros se ven afectados enormemente por el desarrollo de proyectos de captura y los acuicultura que provocan efectos directos sobre el medio ambiente.

Reforestación

Las plantaciones y la reforestación de las tierras deterioradas, y el desarrollo de proyectos sociales de siembra de árboles conducen a impactos positivos en el desarrollo de proyectos de reforestación, gracias a los bienes que se producen y los servicios ambientales que prestan.

No obstante, las extensas plantaciones comerciales provocan efectos ambientales negativos potenciales de gran alcance y magnitud. En las zonas en las cuales se han cortado los bosques naturales para establecer plantaciones es donde se van a producir los impactos peores y más negativos.

2.11. Impactos ambientales potenciales de industrias

A modo de ejemplo y de forma breve se describen aspectos clave de algunas industrias que no se han comentado hasta el momento con anterioridad. El objetivo no es listar todas las industrias que pueden existir desarrollando todos los aspectos específicos de cada una de ellas, sino dar una idea de que tipos de impactos se deben tener en cuenta a la hora de planificar, analizar y evaluar proyectos específicos.

Agroindustria

En este tipo de industrias se producen una serie de impactos negativos por la propia actividad de la agroindustria que están relacionados con la contaminación atmosférica, la contaminación acuática, la eliminación de los desechos sólidos, y los cambios en el uso del suelo.

Industria del cemento

Los impactos ambientales de tales industrias de fabricación del cemento están lógicamente muy relacionados al tipo de operaciones que se realizan en el proceso productivo. Así, estos procesos disponen de instalaciones con hornos giratorios que trabajan con temperaturas de hasta 1400 °C, y procesos en húmedo o seco para producir cemento a partir de piedra caliza. Las materias primas principales que se utilizan son piedra caliza, arena de sílice, arcilla, esquistos, margas, óxidos cálcicos, sílice, aluminio, hierro en forma de arena, y escoria de alto horno. Por el tipo de materias primas utilizadas en estas plantas, suelen estar ubicadas en las proximidades de las canteras de piedra caliza con el objetivo de reducir los costos de transporte de materia prima y los impactos ambientales que pudieran ocasionar de aumento de tráfico y emisiones atmosféricas fundamentalmente. Por lo tanto, para el desarrollo y la evaluación de estos proyectos es muy importante tener en cuenta los impactos ambientales que genera la actividad de la cantera.

Central termoeléctrica

Centrándonos a modo de ejemplo en las instalaciones termoeléctricas convencionales que no emplean la energía atómica, los impactos negativos del desarrollo de este tipo de proyectos se pueden producir tanto durante la operación de construcción de la planta como durante al operativa de la misma.

En estas instalaciones se producen importantes emisiones atmosféricas como consecuencia de los procesos de combustión que tienen lugar en ellas, emitiendo dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y partículas con contenidos en metales, las cuales inciden en la calidad del aire de la zona. Estas emisiones serán función del tipo y el tamaño de la instalación, del tipo y la calidad del combustible empleado en la combustión, de las características del proceso de combustión, de las características físicas de la chimenea de la planta, de las condiciones meteorológicas del área, y de sus condiciones topográficas.

Un aspecto importante a tener en cuenta en la evaluación de este tipo de proyectos es la consideración del agua de enfriamiento limpia que constituye el efluente por excelencia utilizado en estas plantas. Se debe planificar su influencia y los efectos que puede originar en la calidad del agua, sobre todo en lo que se refiere al efecto del calor residual sobre la temperatura del agua ambiental.

Desarrollo del turismo

El impacto ambiental potencial en este caso se relaciona muy significativamente con la capacidad de carga física máxima admisible, es decir, el límite máximo de visitas que puede admitir un espacio físico definido en un tiempo determinado. Cuando se supera la capacidad de carga turística se producen impactos negativos en las áreas naturales protegidas.

Extracción y procesamiento de minerales

Los impactos de las exploración mineras suelen durar el tiempo que el yacimiento está operativo, pero sin embargo las alteraciones que provocan perduran en el tiempo. Sea cual sea el método de extracción minera planificado en el desarrollo del proyecto, se van a producir alteraciones del suelo y de los acuíferos que se deben contemplar. Los principales impactos que se producen y que hay que controlar son la alteración superficial consecuencia de la preparación de los caminos de acceso, hoyos y fosas de prueba (calicatas, sondeos), los trabajos de preparación de la zona; el polvo atmosférico proveniente del tráfico, las perforaciones, la excavación, el desbroce del área, el

ruido, las emisiones atmosféricas provenientes de los equipos utilizados (fundamentalmente equipos diesel), la alteración del suelo y la vegetación, las alteraciones en los ríos y humedales, los drenajes, la alteración de los recursos culturales o históricos, la alteración de los niveles de agua freática, la alteración con los usos alternativos del suelo, el almacenamiento y eliminación de volúmenes de residuos muy grandes; y el traslado y procesamiento de los minerales (camiones, transportadores, ferrocarril, bandas, etc.).

Infraestructuras viales

Para la medición del impacto que una carretera, autopista o autovía produce sobre el medio, hay que realizar una evaluación, caracterización y cuantificación de éstos, relacionándolos con las acciones de prevención o corrección a contemplar en el proyecto. Los principales impactos a tener en cuenta son el clima (cambios climáticos por la modificación en la dirección de los vientos), la calidad del aire (por las inmisiones de partículas, metales, u óxidos nocivos), el ruido, la geología (relieve, erosión, inestabilidad de las laderas), la hidrología (acuíferos, calidad del agua, caudales, represamientos), la calidad del suelo (compactación, destrucción, contaminación), la vegetación (destrucción o degradación, especies endémicas o protegidas, riesgo de incendios, metales pesados, menor productividad), la fauna (destrucción directa, especies endémicas o protegidas, hábitat, mayor riesgo de atropellos), y el paisaje (cambio de su estructura, alteraciones visuales, taludes).

2.12. Riesgos en la industria

En este apartado se pretenden dar unas líneas generales sobre los peligros industriales y su manejo.

Aspectos generales de los riesgos

Tal y como se ha descrito en los apartados anteriores, las distintas instalaciones industriales incluyen una gran variedad de operaciones que tienen peligros inherentes y que requieren de un manejo cuidadoso, como por ejemplo las operaciones industriales de manejo, almacenamiento y procesado de sustancias potencialmente peligrosas (los reactivos químicos, los residuos peligrosos,...).

Asimismo, nos podemos encontrar con instalaciones industriales que inducen peligros potenciales de distinta naturaleza a los que corresponderían propiamente a las sustancias peligrosas de las que derivan, como consecuencia de los efectos aditivos, sinérgicos o la existencia de interacciones o reacciones químicas entre ellos.

Dada la existencia de estos peligros es necesario analizar y evaluar de forma adecuada las condiciones potenciales que pueden conducir a la aparición de accidentes que provocan derrames destacados (en tuberías, en filtros, en válvulas, en recipientes, en bombas, compresores, tanques, chimeneas, etc.), así como las condiciones de salud, bienestar de la población, y de seguridad en el trabajo. Además, existen riesgos de carácter general relacionados con las instalaciones industriales que deben tenerse presente en todo momento como son los siguientes:

- **Eléctricos:** se producen como consecuencia de electrocuciones a partir de la manipulación de conductores cargados, por la mala utilización de las herramientas eléctricas, por la existencia de cables de transmisión elevados, por la existencia de alambres eléctricos

caídos, por la presencia de cables subterráneos, o por los actividades que se ejecutan durante la aparición de tormentas o tempestades de carácter eléctrico.

- **Estructurales:** este tipo de riesgos aparecen cuando existen en la zona superficies deslizantes o inestables, cuando hay cuevas de gran pendiente, cuando se dispone de espacios reducidos y estrechos, cuando aparecen hoyos abiertos, cuando se producen obstrucciones, cuando hay hundimiento de zanjas o minas (se pueden sufrir heridas a causa de objetos punzantes, y hay riesgo de atrapamiento), o por la existencia de declives inestables en las zonas de acumulación de materiales.
- **Mecánico:** aparecen cuando se producen choques con los equipos en movimiento, produciendo rotura de poleas o cables, y el posible enredamiento de la ropa de trabajo en los engranajes o taladros.
- **Temperatura:** aparece este riesgo cuando se da fatiga térmica en ambientes calientes, cuando se trabaja con uniformes o ropas cuyas características limitan que el calor corporal o el sudor se disipe; cuando se alcanzan efectos del frío en los ambientes helados, o cuando el factor de enfriamiento del viento es excesivo.
- **Ruido:** en este caso se produce una fatiga o daños físico en el oído cuando estamos expuestos a unos niveles de ruido superiores al máximo permitido para cada caso, como por ejemplo cuando estamos expuestos a un nivel de ruido ponderado en el tiempo durante 8 horas mayor a 90 dB).
- **Radiación:** se producen quemaduras o heridas internas tras la exposición a niveles excesivos de radiación.
- **Deficiencia de oxígeno (por debajo del 19.5%):** en estos casos se produce cuando hay un desplazamiento del oxígeno por otro gas, o cuando éste es consumido para que tenga lugar una reacción química. En estos casos hay efectos nocivos para la salud, sobre todo en zonas cerrados o bajas.

De forma análoga a lo descrito para los riesgos generales, se relacionan a continuación brevemente cómo se pueden clasificar los distintos tipos de materiales y residuos peligrosos:

- **Inflamable:** son las sustancias que se prenden o encienden muy fácilmente, y que por tanto representan un peligro potencial de incendio bajo las condiciones industriales normales empleadas (como por ejemplo los metales triturados en polvo muy fino, o los líquidos cuyo punto de inflamación es muy bajo).
- **Corrosivo:** son las sustancias que corroen los materiales normales utilizados en las actividades industriales, siendo necesario emplear contenedores especiales para su contención (cómo por ejemplo los ácidos, o los álcalis).
- **Reactivo:** es este caso se trata de materiales que tienden a reaccionar de forma espontánea con los ácidos o sus vapores (como por ejemplo los cianuros o los álcalis de alta concentración), o bien tienden a reaccionar enérgicamente con el agua o su vapor (como por ejemplo el fosfeno, los ácidos o álcalis concentrados, el sodio metálico), o bien tienden a ser inestables cuando se da un choque o existe calor y altas temperaturas (como por ejemplo los líquidos inflamables presurizados). En todos los casos se produce la generación de gases venenosos, la explosión, o el incendio y, por lo tanto, deben disponer de una zona adecuada de almacenamiento y manipulación controlada.
- **Tóxico:** son las sustancias que pueden liberar materiales tóxicos en cantidad suficiente como para causar un efecto potencial directo (crónico o agudo) sobre la salud, a través de su inhalación, de su absorción por la piel, o de su ingestión. Asimismo, pueden originar una acumulación potencialmente tóxica en el medio ambiente o en la cadena alimentaria. Por lo tanto, es imprescindible evaluar su manipulación de forma adecuada para evitar la

aparición de estos riesgos. Dentro de este tipo de materiales se encuentran por ejemplo los metales pesados, los pesticidas, los disolventes, y los combustibles derivados del petróleo.

- **Biológico:** son los materiales que pueden liberar cantidades suficientes de los microorganismos patogénicos que causan infecciones, polen, hongos o caspa. Además, pueden también provocar la aparición de reacciones alérgicas en aquellas personas sensibles al peligro.

Riesgos Mayores

El tema del control de la manipulación de los peligros industriales es siempre necesario, pero sobre todo para el desarrollo de los proyectos energéticos, industriales, de explotación minera, de control de contaminación, de transporte y agrícolas. En los casos en los que exista un riesgo importante, como es el caso de un escape de sustancias tóxicas muy reactivas, explosivas, o inflamables, es necesario recurrir a una evaluación de los riesgos mayores, la cual debe formar parte integrante de la preparación y planificación del proyecto propuesto, siendo independiente de la evaluación del impacto ambiental.

Los objetivos que se persiguen con el desarrollo de la evaluación de los riesgos mayores son:

- identificar la naturaleza y magnitud del uso de las sustancias peligrosas en la instalación.
- especificar y detallar las medidas propuestas a desarrollar para asegurar la instalación, el control de las causas extraordinarias que pueden causar un accidente grave, así como los procedimientos de emergencia a implementarse en esos casos.
- identificar el tipo, la probabilidad de ocurrencia relativa, y las consecuencias de los accidentes mayores.
- Servir de base para comprobar que el proyecto a desarrollar ha contemplado la posibilidad potencial de darse un riesgo mayor como consecuencia de las actividades a realizar, y que se hayan considerado unos controles adecuados.

Riesgos industriales

Una vez descritos los tipos de materiales y residuos peligrosos, así como los riesgos potenciales de carácter general, se describe brevemente los riesgos que pueden aparecer en algunos de los sectores industriales principales.

El desarrollo de proyectos energéticos presenta los riesgos siguientes:

- peligro de incendios y de presencia de materiales tóxicos como consecuencia de derrames de petróleo o fugas de gas.
- riesgos mecánicos causados por las torres de perforación.
- el ruido que emiten los generadores.
- el peligro físico de inhalación de la ceniza del carbón, de los residuos de petróleo, de los productos químicos utilizados para tratar el agua empleada, de los efluentes, y de los materiales tóxicos y/o corrosivos que se pueden lixiviar de los montones de carbón o ceniza acumulados.
- el consumo del oxígeno de los tanques.
- la electrocución a partir del contacto con los conductores cargados.

En la mayor parte de los proyectos industriales se pueden producir los siguientes riesgos:

- peligros físicos por la caída de las piezas que están en movimiento.
- riesgos por el trabajo a desarrollar cerca de los hornos (quemaduras, exposición a altas temperaturas, alteraciones de la salud).
- ruido de la maquinaria.
- polvo producido por procesos de serraje, esmerilaje, tallado, etc.
- ruptura de los recipientes presurizados.
- explosión por la presencia de productos químicos utilizados para el tratamiento del agua o por los efluentes.
- explosión causada por las reacciones químicas muy reactivas.
- vapores tóxicos producidos por los derrames químicos.

Los proyectos de explotación minera pueden producir riesgos como:

- riesgo físico por el uso de explosivos y equipos de excavación.
- polvo producido por la perforación, la voladura, el transporte, y la trituración.
- agotamiento del oxígeno.
- gases tóxicos en las minas subterráneas.
- derrumbes.

Cuando se trata de proyectos desarrollados para el control de la contaminación, los riesgos más comunes en este tipo de actividades son:

- ruptura de los recipientes presurizados (como los tanques de cloro utilizados en las plantas de tratamiento de aguas negras).
- explosión o generación de gases tóxicos por la mezcla de residuos incompatibles.
- liberación de polvos y vapores con microorganismos patógenos durante las etapas de procesado de aguas y residuos sólidos.
- gases tóxicos producidos por la eliminación de los residuos sólidos.

En el caso del desarrollo de los proyectos de transporte, sea cual sea el medio utilizado, los riesgos a analizar son:

- riesgo físico por la manipulación durante la carga y descargar de sustancias peligrosas.
- choque o descarrilamiento durante el transporte.
- derrame tóxico por las sustancias peligrosas transportadas.
- incendio.
- explosión por las reacciones que se pueden producir entre la sustancia transportada y el medio.

Los proyectos agrícolas y el control de las plagas (como por ejemplo langostas) crean riesgos específicos relacionados con su manipulación y almacenamiento:

- eliminación de pesticidas no utilizados.
- contaminación acuática.
- contaminación atmosférica.

- cambios en el uso del suelo.

Consejos para la evaluación de los riesgos en las evaluaciones ambientales

El borrador de la evaluación del impacto ambiental, así como de la evaluación de los riesgos mayores, deben ser preparados al mismo tiempo que el diseño técnico detallado del proyecto propuesto, y antes de su finalización. De esta forma, todos los peligros que se identifiquen en los borradores de las evaluaciones pueden ser tratados durante las últimas etapas del diseño, y la reducción de los impactos será contemplada en ellas.

Muchos de los riesgos industriales ocurren como accidentes imprevistos, a causa de las actividades inadecuadas de procesado y mantenimiento. Es el papel de la evaluación del impacto ambiental y de la evaluación de los riesgos mayores, hacer resaltar el potencial de estos accidentes, anticipando la peor situación que podrían provocarse, así como preparar planes de desarrollo y control preventivo y correctivo a fin de reducir al mínimo los riesgos, y si es posible eliminarlos por completo.

La metodología más apropiada para gestionar los peligros industriales sigue los siguientes puntos:

- la utilización de los controles técnicos y administrativos.
- la protección de los trabajadores
- la formación, información y planificación de la seguridad y salud ocupacional.
- el chequeo o revisión médica de los trabajadores.

Controles técnicos

- Ubicación. Las instalaciones que implican el riesgo de colapso estructural, ruptura, incendio o explosión tendrán que ser ubicadas en sitios estables geotécnicamente.
- Zonas de Protección. En función de la naturaleza del peligro potencial (por ejemplo una liberación de gases tóxicos o un derrame), las instalaciones requerirán una zona de protección de un tamaño adecuado a éste.
- Diseño de la planta. Dentro de una instalación se debe tener cuidado de no aproximar sustancias incompatibles entre sí para evitar situaciones de riesgo (por ejemplo las sustancias que reaccionan al mezclarse entre sí produciendo calor, un incendio, una explosión, un gas, ...). Lo mismo ocurre con la proximidad de operaciones incompatibles entre sí que deben estar situadas con una distancia de seguridad que evite los riesgos potenciales (por ejemplo las etapas de soldadura deben estar situadas lejos del almacén de materiales inflamables).
- Substitución de los recursos peligrosos. Siempre que sea posible disponer de una alternativa apta, se debe emplear en los procesos materias primas que posean un menor riesgo (por ejemplo almacenar los gases tóxicos en un disolvente adecuado). Una alternativa la constituye un cambio en el estado del material eligiendo la que sea menos dañina o tenga menos riesgos potenciales (por ejemplo utilizar un líquido en lugar de un gas).
- Reducir los recursos. Se debe reducir al mínimo las cantidades de los materiales peligrosos utilizados, utilizando procesos de recuperación y/o reciclaje en las etapas del proyecto, o bien emplear procesos más eficientes. De esta forma se reduce la presencia de productos peligrosos en el almacén.
- Modificar el proceso o el almacenamiento. Diseñar procesos o definir espacios de almacenamiento de materiales o productos que permitan reducir la potencialidad de causar

un riesgo (por ejemplo reducir las temperaturas y presiones del proceso, guardar un gas peligroso como un líquido refrigerado sin presión, pintar con brocha o baño en lugar de por rocío).

- Control de polvos. Se deben aislar o contener todas las operaciones que producen polvo tanto como sea posible, sobre todo si los polvos pueden causar enfermedades pulmonares como la silicosis (una de las enfermedades ocupacionales más comunes en el mundo). Suele ser uno de los problemas principales en las instalaciones mineras, fábricas de ladrillos, y plantas de vidrio. Dentro de las medidas para reducir su presencia están los procesos de rociado de la fuente del polvo con agua o una solución con un agente de mojado, la ventilación, la filtración, la recogida.
- Control del acceso. Se debe limitar el ingreso del personal a las zonas restringidas por su peligrosidad, permitiendo el acceso a ellas sólo del personal que ha sido capacitado específicamente para trabajar en esas condiciones de trabajo. Se pueden utilizar tarjetas de identificación, cerramientos dobles, servicios de seguridad, barreras.
- Identificación. Todos los útiles peligrosos utilizados en los procesos deben estar debidamente identificados como tal, no sólo con el nombre sino también con el tipo de peligro que pueden originar (tóxico, reactivo, inflamable, explosivo).
- Control de la temperatura. Tener un control de las condiciones existentes en el ambiente donde se desarrolla el trabajo para tratar de que sea un mínimo el número de trabajadores expuestos a condiciones extremas tanto de calor como de frío.
- Control y chequeo. Si se controlan y revisan adecuadamente los peligros potenciales se puede detectar anticipadamente la situación peligrosa que originan. Suele ser muy útil la utilización de equipos portátiles o permanentes (detectores fundamentalmente), los cuales revisan de forma regular todos los parámetros críticos identificados (como la calidad del aire a partir de los vapores orgánicos, los niveles de oxígeno, los gases combustibles presentes, etc.).
- Paralización. Cuando se da un escape de un material peligroso, o se da una situación de peligro, es necesario disponer de unos dispositivos (manuales o automáticos) que posibiliten la parada de las actividades y los sistemas eléctricos que se lleven a cabo en el proceso.
- Contención secundaria. Es muy útil y efectivo disponer de sistemas de prevención que sean capaces de contener y/o evitar los potenciales peligros. Algunos de los sistemas de contención pueden ser cortinas de agua que limitan el escape de un gas, diques y barreras portátiles que contienen derrames, refugios o muros para proteger de las explosiones, materiales ignífugos para evitar la propagación del fuego, materiales absorbentes y/o adsorbentes de las sustancias peligrosas, etc.

Controles administrativos

Se emplean cuando no sea posible reducir la exposición a niveles aceptables con los controles técnicos aplicados. Este tipo de controles incluye la posibilidad de reorganizar los horarios de trabajo del personal para reducir su exposición al peligro, así como la posibilidad de rotar la plantilla cuando parte de ella haya alcanzado el nivel de exposición máximo permitido.

Protección

Es necesario que todo el personal tenga a su disposición y emplee los distintos equipos de protección individual (EPI's) que se definan para cada zona de trabajo en base a los peligros potenciales identificados en ellas, a partir de la naturaleza del riesgo, su nivel y concentración, el tiempo de exposición, y las características del personal sensible a los riesgos (como cascos, guantes para manipular agentes químicos, respiradores que purifican el aire, zapatos de seguridad,

protección para los oídos, gafas de seguridad, ropa ignífuga, trajes herméticos y químicamente resistentes, equipos de respiración auto contenidos, dosímetro para controlar la radiación, termómetro personal para controlar la fatiga por el calor/frío, arneses y cuerda de seguridad, cinturón de seguridad, etc....).

Formación, información y planificación

Es necesario formar e informar al personal de todo aquello que debe conocer para saber actuar ante una emergencia, así como capacitarlo para asegurar que conocen los procesos adecuados para desarrollar su actividad de forma segura y controlando los impactos potenciales que puedan incidir sobre su salud.

La planificación de la seguridad y salud debe contener una evaluación completa de la instalación e identificación de todos los riesgos potenciales posibles. El plan debe contener la siguiente información:

- definición de todos los peligros potenciales.
- implicación para la seguridad y salud de cada riesgo.
- descripción de las inspecciones de salud y seguridad, del seguimiento de las operaciones de mantenimiento y reparación, del almacenamiento de los registros, de los equipos de protección individual, y de los chequeos médicos realizados.
- procedimientos de respuesta ante emergencias (organización del personal de emergencia designado, procedimientos de evacuación, requerimientos de equipo de seguridad, procedimientos de descontaminación, organización de las comunicaciones a efectuar en caso de emergencia, números de teléfono de emergencia, zonas de agrupamiento, etc....).
- procedimiento de seguimiento tras una emergencia.
- Evaluación y análisis de accidentes.

De forma general se describen brevemente algunas áreas de conocimiento y experiencia a tener en consideración:

- consideración de las propiedades de las sustancias peligrosas (reactividad, corrosividad, inflamabilidad, toxicidad, etc.), así como los niveles a los cuales aparece un riesgo significativo que requiere adoptar medidas de protección.
- conciencia de los indicadores de advertencia del peligro/riesgo, y la habilidad de reconocer las situaciones potencialmente peligrosas.
- familiaridad con los controles técnicos para evitar situaciones peligrosas.
- familiaridad con las capacidades y limitaciones de la instalación ante emergencias.
- conocimiento del uso y mantenimiento del equipo de emergencia, así como de los equipos para el control y protección de la salud y la seguridad.
- conocimiento de los métodos y procedimientos para la descontaminación de la instalación, sus equipos, y del personal, cuando haya ocurrido una contaminación química o biológica.
- simulacros y ejercicios regulares de los procedimientos apropiados de respuesta ante una emergencia.
- responsabilidad y autoridad para actuar en las situaciones potencialmente peligrosas, o durante las emergencias, siguiendo los procedimientos y planes de seguridad y salud definidos en cada caso.

La comunidad alrededor de una instalación potencialmente peligrosa tiene el derecho de saber cuáles son los peligros que pueden ocurrir y cuáles son los planes que han sido implementados para reducir y manejar el riesgo de estos peligros. Si existe el potencial de que las condiciones peligrosas puedan extenderse más allá de los límites del sitio del proyecto, hasta las propiedades que ocupan los vecinos o animales domésticos, el plan tendrá que incluir los métodos de notificación acerca de la emergencia y, posiblemente, los procedimientos de evacuación. Al inicio de las etapas de planificación de la salud y la seguridad, será necesario designar coordinadores en las comunidades, a fin de capacitarles para que dirijan/coordinen las actividades de respuesta, de emergencia dentro de la comunidad, y realicen ejercicios de capacitación y práctica para emergencias.

Revisión médica del personal

Todos los trabajadores deben realizarse una revisión médica al inicio de su incorporación que caracterizará su estado inicial, y debe ir revisando su salud periódicamente en función del puesto de trabajo y su exposición a los riesgos inherentes de la actividad a desarrollar. De esta forma es posible evaluar si la actividad desarrollada causa efectos nocivos para la salud del trabajador como consecuencia del trabajo.

3. Herramientas básicas para la Mejora de la Calidad y la Productividad

Dentro del proceso de elaboración de cualquier producto a partir de cualquier proceso industrial se deben ejecutar tres etapas fundamentalmente:

- la entrada (de material, de los equipos necesarios, del personal, de las políticas empresariales definidas, de los objetivos establecidos, de los procedimientos específicos definidos para ese proceso industrial, de los métodos de control establecidos, y del medio ambiente existente).
- la propia realización del producto o servicio en el caso de tratarse de un proceso.
- la salida (del servicio y/o producto elaborado según los objetivos establecidos).

En el desarrollo de estas etapas se pueden cometer errores o fallos que afectan a la calidad del producto o servicio, y de hecho así ocurre normalmente. Por ello, es necesario establecer y planificar un tiempo adicional para la evaluación, testificación, análisis, y, si es posible, la eliminación o reparación del defecto detectado en cada fase del proceso o proyecto. Para ello se deben dedicar recursos tanto humanos como materiales (espacio, equipamiento, materiales, personal) que aseguren que los procesos han funcionado correctamente sin desviaciones y que se ha cumplido el proceso en las condiciones previstas.

La mayoría de expertos en Gestión de Calidad coinciden en que gran parte de los problemas relacionados con la calidad y la productividad (defectos, fallos,...), pueden ser solucionados mediante herramientas de fácil utilización y comprensión que permite mantener y mejorar el estándar de trabajo mediante mejoras pequeñas y graduales, cuyo objetivo final es la MEJORA de los procesos para conseguir optimizar todos los recursos de que dispone una empresa.

Las herramientas más importantes se describen a continuación:

3.1. Arbol de Problemas

El árbol de problemas es una ayuda importante para entender la problemática que debe resolverse. En este esquema tipo árbol se expresan las condiciones negativas detectadas por los involucrados relacionadas con un problema concreto (en una sucesión encadenada tipo causa/efecto). Una vez realizado, se ordenan los problemas principales sobre los cuales se van a encaminar los esfuerzos en forma de objetivos del proyecto. Este procedimiento seguido de clarificación de los problemas permite mejorar el diseño, efectuar un preliminar supuesto del proyecto durante su ejecución y, una vez terminado el proyecto, constituye una fácil forma de revisar la efectividad de las medidas acometidas para resolver los problemas.

Como se elabora

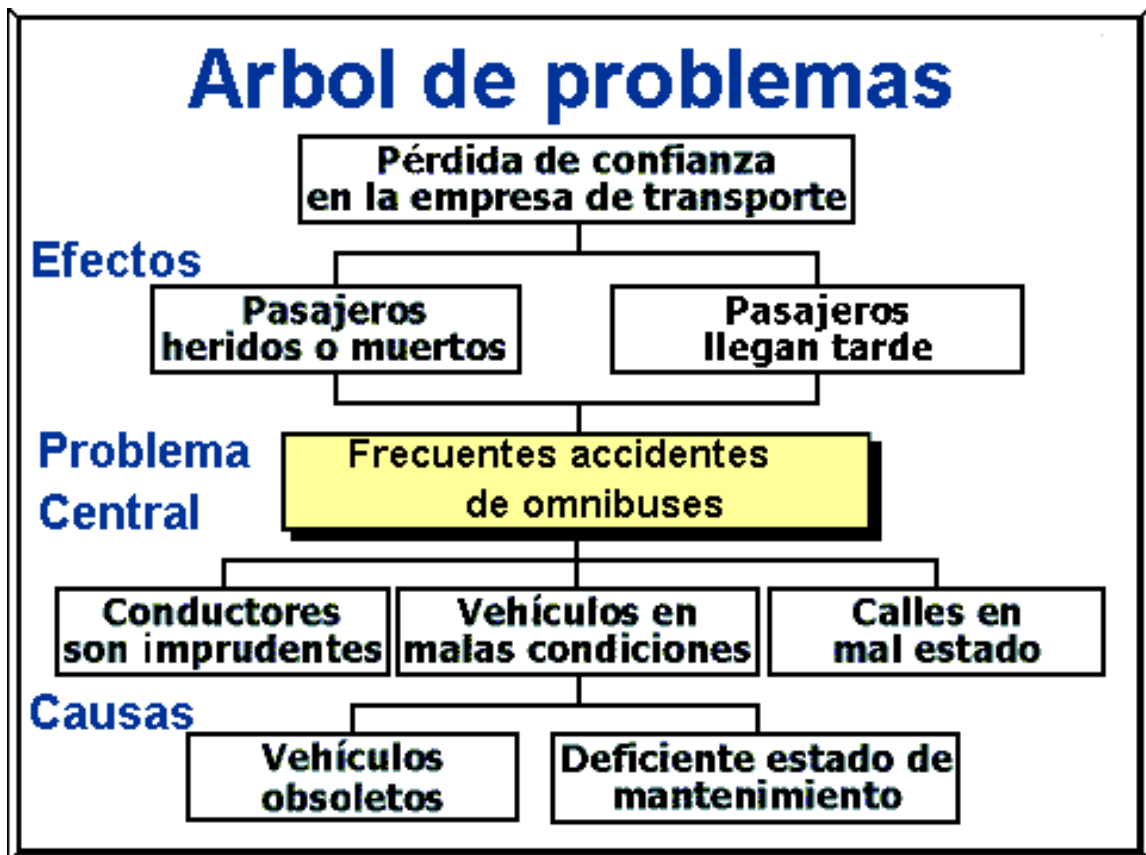
El proceso más generalizado que se sigue para elaborar el árbol de problemas se basa en cinco etapas que son las siguientes:

- 1.- Identificar los principales problemas con respecto a la situación en cuestión. Deben ser problemas existentes y no problemas posibles, futuros o ficticios.
- 2.- Formular en pocas palabras el problema central, y hacerlo como un estado negativo y un solo problema por recuadro.
- 3.- Anotar las causas del problema central.
- 4.- Anotar los efectos provocados por el problema central.
- 5.- Elaborar un esquema que muestre las relaciones de causa y efecto en forma de un árbol de problemas.
- 6.- Revisar el esquema completo y verificar su lógica e integridad.

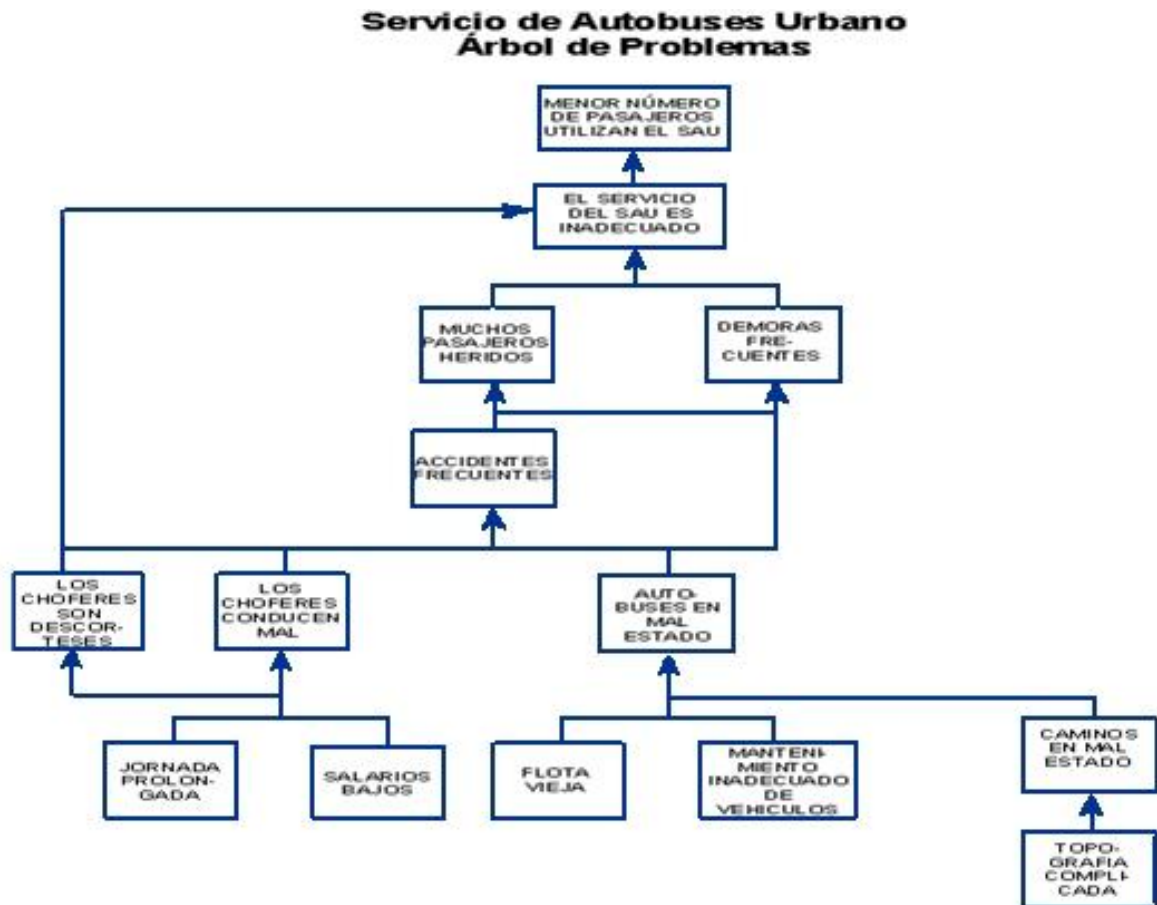
Análisis de problemas y soluciones

Un problema consiste en un estado negativo y no es la ausencia de su solución (por ejemplo una falta de repuestos no es un problema y sí lo es un equipo que no funciona). La importancia de un problema detectado no viene determinada por su ubicación en el árbol de Problemas.

En el siguiente cuadro se presenta un ejemplo simplificado de árbol de problemas, donde se muestra la situación de un servicio de autobuses urbano y se identifican las relaciones de causa-efecto entre los problemas principales detectados:



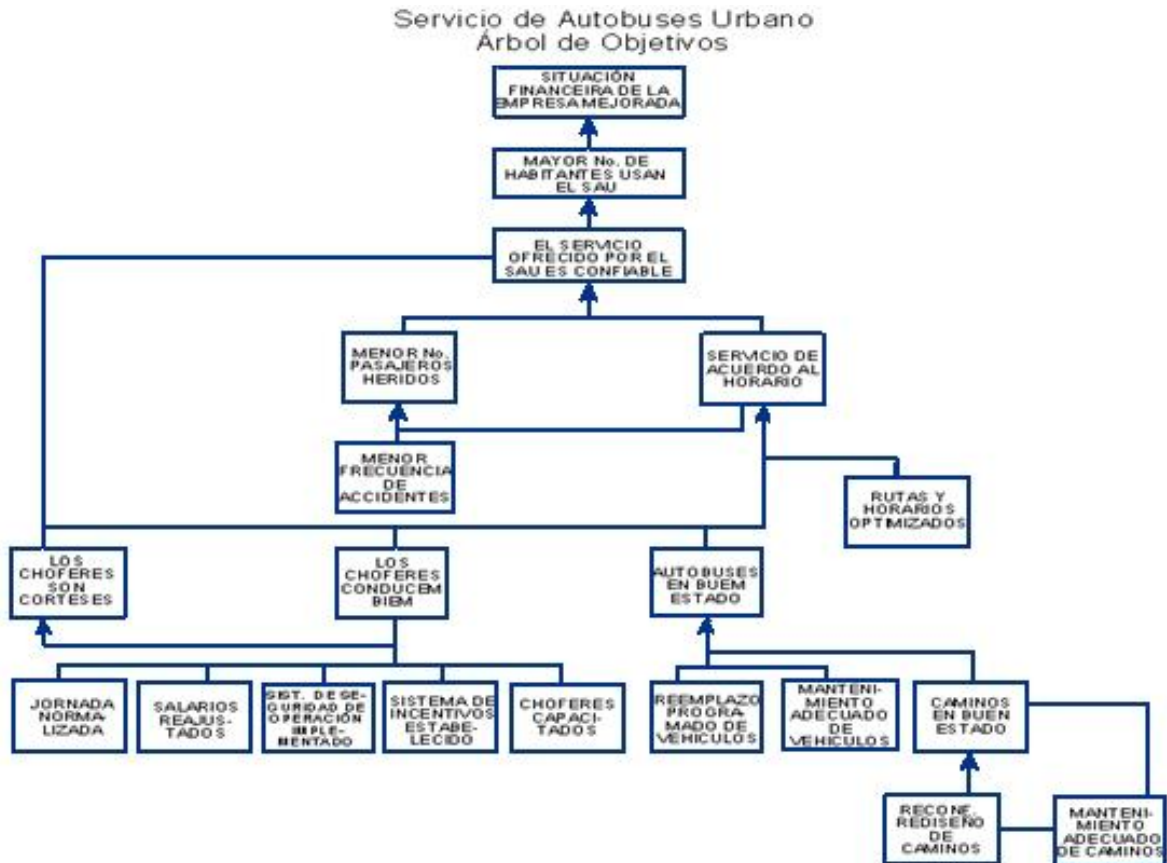
Otro árbol de problemas más detallado y desglosado permite especificar más las relaciones causa-efecto derivadas del análisis y evaluación del problema central detectado como es un número elevado de accidentes de los autobuses urbanos.



3.2. Arbol de Objetivos

Los problemas de desarrollo que fueron identificados en el árbol de problemas se convierten en objetivos del proyecto como la fase inicial para elaborar una respuesta como solución. Los objetivos en forma de componentes o productos de un proyecto son ahora los medios para afrontar el problema identificado y determinar su impacto.

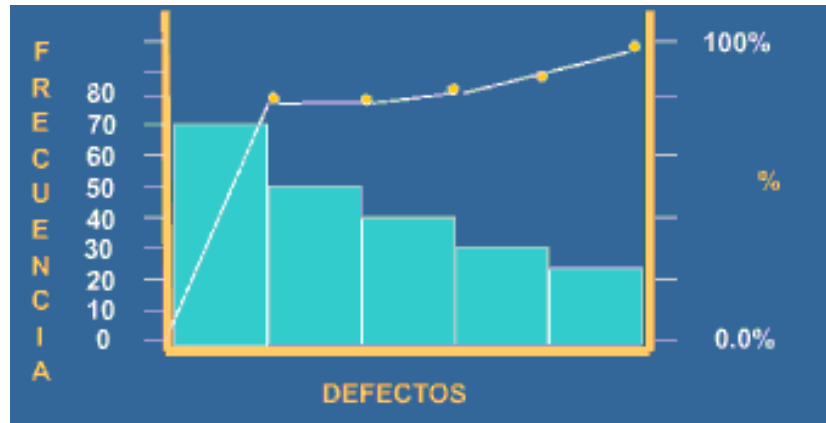
En el cuadro siguiente se recoge un árbol de objetivos relacionado con el ejemplo anterior para el cual sea desarrollado el árbol de problemas.



3.3. Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto consiste en un gráfico de barras similar al histograma que incluye además una curva de tipo creciente que representa el grado de importancia o peso que tienen los diferentes factores determinados que afectan a un proceso, actividad o resultado. En el gráfico de barras se enumeran las categorías en orden descendente de izquierda a derecha, el cual puede ser utilizado por un equipo para analizar las causas, para estudiar los resultados, y para planificar una mejora continua. Permite separar gráficamente los aspectos más significativos de un problema de los demás, con el objeto de que se puedan focalizar los esfuerzos en ellos para mejorar la situación. Es una herramienta de análisis de datos muy extendida y muy útil en la determinación de la causa principal durante un proceso de evaluación y resolución de los problemas, permitiendo determinar cuáles son los problemas más grandes y volcarse en su resolución.

La reducción de los aspectos problemáticos más significativos, que son las barras más altas de la gráfica, va a permitir alcanzar una reducción de los de menor relevancia. Lo más habitual es que de uno a tres aspectos destaquen sobre el resto como causa de más del 80% de los problemas.



Cuando se utiliza

- al identificar un producto o servicio susceptible de aplicar sobre éste un análisis para la mejora de su calidad.
- cuando existe la necesidad de destacar los problemas o causas sistemáticamente para que se tomen en serio y se planifiquen acciones que permitan la mejora.
- al identificar oportunidades de mejora.
- al analizar los diferentes datos recogidos durante la realización de las actividades.
- al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- al evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso, analizando la situación anterior y posterior a la toma de medidas para ver la evolución.
- cuando los datos se pueden agruparse en categorías, lo que facilita su análisis.
- cuando se pretende planificar una mejor continua.

Como se utiliza

- seleccionar categorías lógicas para los tipos de problema identificados.
- reunir los datos disponibles.
- ordenar los datos de mayor a menor categoría.
- totalizar los datos para todas las categorías.
- calcular el porcentaje del total que cada categoría representa.
- trazar los ejes horizontales (x) y verticales (y, y').
- trazar la escala del eje vertical izquierdo para frecuencia (de 0 al total según los cálculos realizados anteriormente).
- de izquierda a derecha se trazan las barras para cada categoría en orden ascendente. Si se define una categoría otros, es recomendable colocarla al final independientemente del valor que tenga, es decir, no se tienen en cuenta durante la etapa de ordenación de las categorías de mayor a menor la frecuencia.
- trazar la escala del eje vertical derecho para el porcentaje acumulado (de 0 a 100%).
- trazar el gráfico lineal para el porcentaje acumulado, comenzando en la parte superior de la barra de la primera categoría (que debe ser la más alta).
- Se suele dar un título al gráfico, y agregar las fechas de cuando los datos se obtuvieron y nombrar la fuente de los datos.

- analizar la gráfica para determinar los problemas pocos significativos.

Al tratar de interpretar un gráfico de Pareto podemos encontrarnos con que los datos a veces no reflejan una clara distinción entre las categorías. Por ello, es crucial realizar un buen análisis previo de las causas y posterior de recogida de datos, para poder realizar una correcta interpretación que facilite la planificación de acciones de mejora de la situación. Deben existir un número determinado de categorías relacionadas con sus efectos y que representan un porcentaje sobre el total.

Ejemplo de aplicación:

Un fabricante de neveras desea analizar cuáles son los defectos más frecuentes que aparecen tras su fabricación. Para ello, empezó a clasificar todos los defectos posibles en sus diversos tipos:

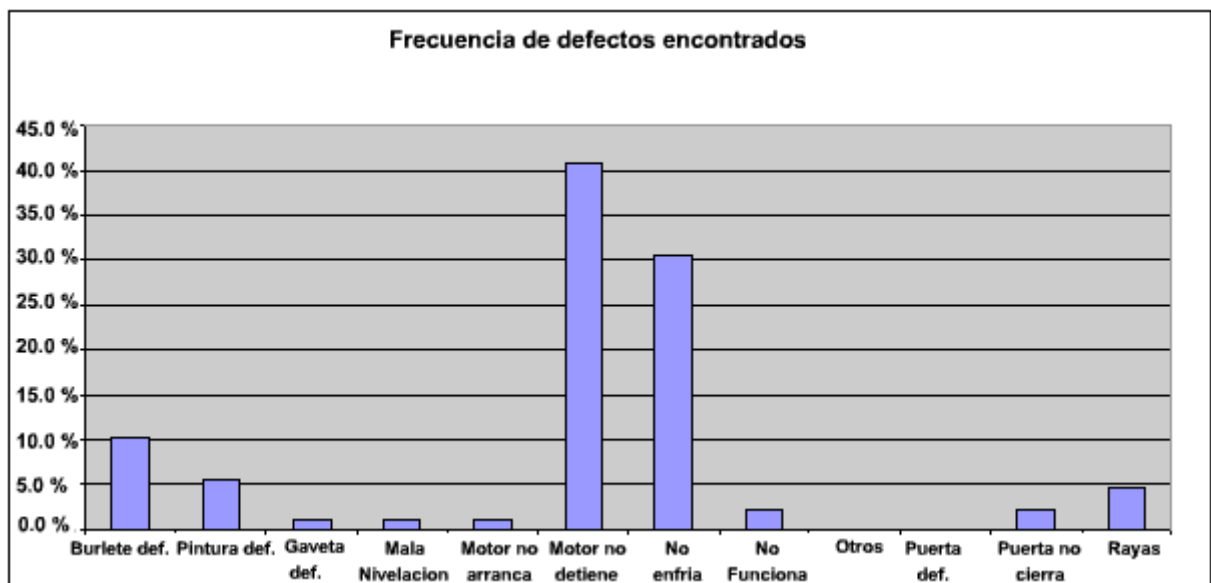
Tipo de Defecto	Detalle del Problema
Motor que no para	No para el motor al alcanzar la temperatura
No enfría	El motor arranca pero la nevera no enfría
Compartimiento defectuoso.	Compartimiento roto o deforme
Pintura defectuosa	Defectos de pintura en superficies externas
Rayones	Rayas en las superficies externas
No funciona	Al conectar no arranca el motor
Puerta que no cierra	La puerta no cierra correctamente
Gavetas defectuosas	Gavetas interiores con roturas
Motor que no arranca	El motor no arranca tras un ciclo de parada
Mala nivelación	La nevera se balancea y no se puede nivelar
Puerta defectuosa	Puerta que no cierra herméticamente
Otros	Otros defectos no incluidos en los anteriores

Posteriormente, un inspector revisa cada nevera a medida que sale de la línea de producción y registra sus defectos según las categorías definidas anteriormente. Tras revisar 88 neveras se obtuvieron los resultados de la siguiente tabla:

Tipo de Defecto	Detalle del Problema	Frecuencia	%
Compartimiento defectuoso	Compartimiento roto o deforme	9	10.2
Pintura defectuosa	Defectos de pintura en superficies externas	5	5.7
Gavetas defectuosas	Gavetas interiores con roturas	1	1.1
Mala nivelación	La nevera se balancea y no se puede nivelar	1	1.1
Motor no arranca	El motor no arranca tras un ciclo de parada	1	1.1

Motor no detiene	No para el motor al alcanzar la temperatura	36	40.9
No enfría	El motor arranca pero la nevera no enfría	27	30.7
Otros	Otros defectos no incluidos en los anteriores	0	0.0
Puerta defectuosa	Puerta que no cierra herméticamente	0	0.0
Puerta no cierra	La puerta no cierra correctamente	2	2.3
Rayas	Rayas en las superficies externas	4	4.5
No funciona	Al conectar no arranca el motor	2	2.3
Total		88	100

Podemos ahora representar los datos en un histograma como el siguiente:



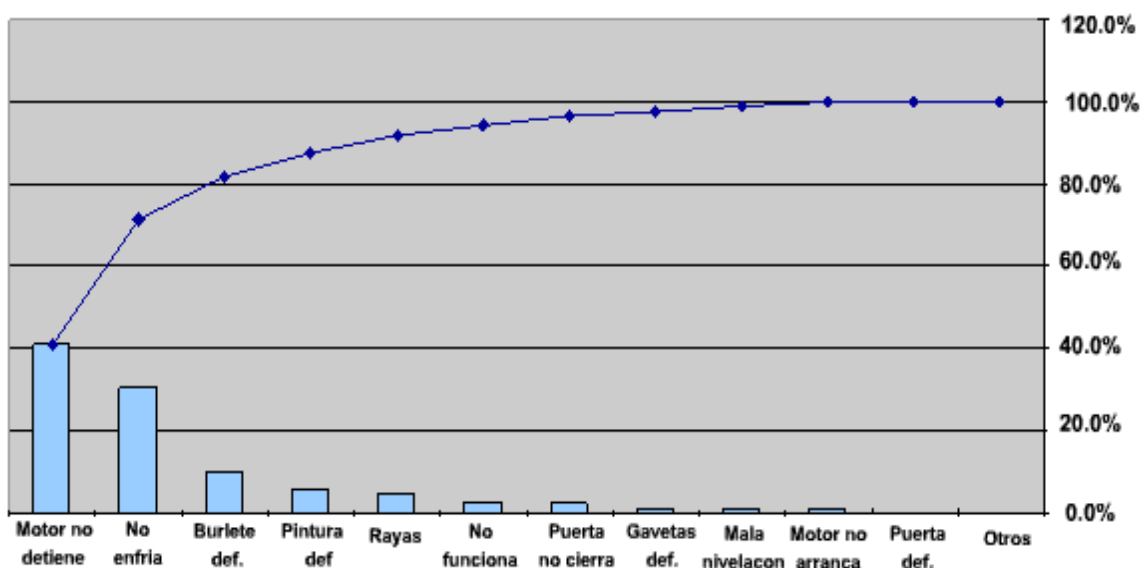
Para facilitar la representación gráfica debemos ordenar los datos de la tabla en orden decreciente en base a la frecuencia:

Tipo de Defecto	Detalle del Problema	Frecuencia	.%
Motor no detiene	No para el motor al alcanzar la temperatura	36	40.9
No enfría	El motor arranca pero la nevera no enfría	27	30.7
Compartimento	Compartimento roto o deforme	9	10.2

defectuoso			
Pintura defectuosa	Defectos de pintura en superficies externas	5	5.7
Rayas	Rayas en las superficies externas	4	4.5
No funciona	Al conectar no arranca el motor	2	2.3
Puerta no cierra	La puerta no cierra correctamente	2	2.3
Gavetas defectuosas	Gavetas interiores con grietas	1	1.1
Mala nivelación	La nevera se balancea y no se puede nivelar	1	1.1
Motor no arranca	El motor no arranca tras un ciclo de parada	1	1.1
Puerta defectuosa	Puerta que no cierra herméticamente	0	0.0
Otros	Otros defectos no incluidos en los anteriores	0	0.0
Total		88	100

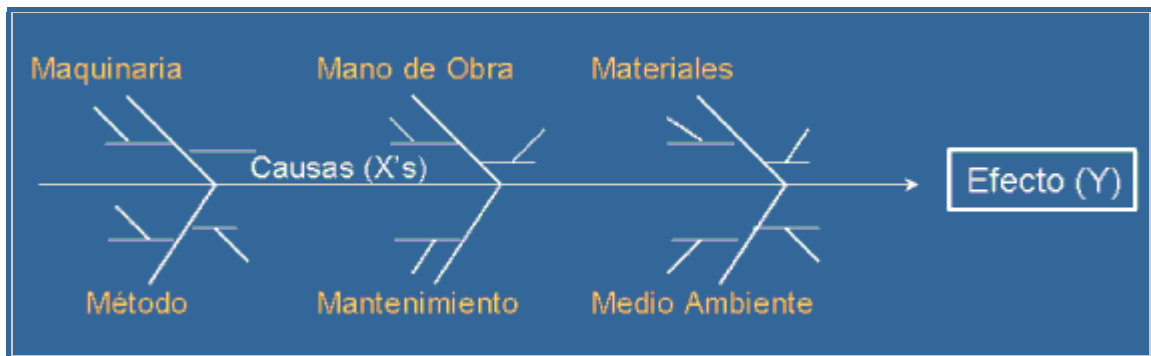
Tal y como se ha comentado, la categoría otros siempre debe ir al final sin importar su valor (aunque hubiese tenido el valor más alto va en la última fila). Ahora ya se puede ver cuáles son los tipos de defectos más frecuentes. Es posible observar que los tres primeros tipos de defectos representan el 82% de las neveras aproximadamente (tal y como se ha comentado anteriormente cuando se mencionó que lo normal es que los defectos encontrados pertenezcan a 1-3 categorías). Por lo tanto, si es posible eliminar las causas que provocan esos 3 defectos mayoritarios desaparecería la mayor parte de los defectos.

Si representamos los datos de forma gráfica se obtiene como resultados la siguiente representación:



3.4. Diagrama de Causa-Efecto

Es una técnica que permite apreciar con claridad las relaciones entre un efecto o problema y las posibles causas que puedan estar contribuyendo para que tenga lugar. Construido con la apariencia de una espina de pescado (de ahí que también se conozca como Diagrama Espina de Pescado), esta herramienta fue aplicada por primera vez en 1953 en Japón por el profesor de la Universidad de Tokio Kaoru Ishikawa, con el objeto de sintetizar las opiniones de los ingenieros de una fábrica cuando discutían problemas de calidad.



Se utiliza para visualizar en equipo las causas principales y secundarias de un problema concreto, y para el análisis de los procesos en búsqueda de mejorar factibles. Permite disponer de una gran amplitud de visión sobre las posibles causas de los problemas enriqueciendo su análisis y la identificación de las posibles soluciones. De este modo sirve como una guía objetiva que facilita y anima la discusión dentro del equipo. Se caracteriza por:

- permitir la modificación de procedimientos, métodos, hábitos, costumbres, o actitudes, aportando soluciones sencillas, económicas y efectivas en la mayoría de las situaciones.
- muestra el nivel de conocimientos técnicos que existe en la empresa sobre un determinado problema.
- prevé los problemas y ayuda a controlarlos, no sólo al final del proceso sino también durante el desarrollo de cada etapa.

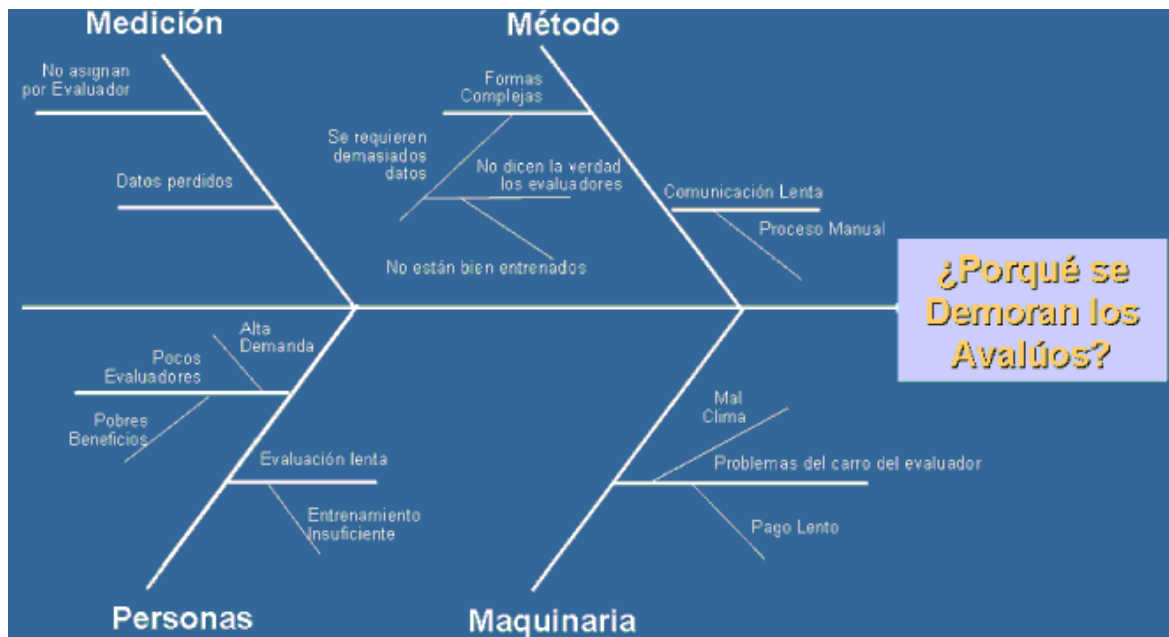
Como construirla

- primero se identifica cual va a ser el problema que se va a analizar (efecto).
- Se traza una flecha horizontal apuntando a la derecha, y se escribe el problema en la punta de la flecha.
- Se realiza la pregunta ¿por qué está sucediendo?, y se desarrolla una tormenta de ideas (“brainstorming”) para identificar el mayor número posible de causas que puedan contribuir a generar el problema.

- Se agrupan las causas en categorías, por ejemplo como se ha hecho en la figura anterior basada en lo que se conoce como metodología 6 M: Maquinaria, Mano de obra, Método, Materiales, Mediciones y Medio ambiente.
- para comprender mejor el problema, y contemplar todas las causas y sub-causas, se deben realizar diagramas de causa-efecto para cada una de ellas.
- se debe preguntar reiteradamente porqué hasta que ya no se tengan más respuestas.
- Se escribe cada categoría de forma paralela a la flecha principal y unida a ésta por líneas inclinadas.
- es posible añadir las causas y sub-causas de cada categoría y colocarlas a lo largo de su línea inclinada.

Ejemplo:

Identificar las Causas Potenciales para el problema de Retrasos en las entregas de paquetes de una Empresa de Mensajería



3.5. Seis Sigma

Es una metodología de calidad de clase mundial (iniciada por Motorola en 1986) que se aplica para ofrecer un mejor producto o servicio, de la forma más rápida y al costo más bajo posible. La letra Sigma (σ) es una letra del alfabeto griego empleada en estadística como una medida de variación, y por analogía la metodología 6 σ se basa en la curva de la distribución normal de cualquier actividad (para conocer su nivel de variación). Esta metodología se centra en la preparación de una serie de etapas que permiten controlar la calidad y optimizar los procesos industriales.

En todo proceso industrial se define el concepto del costo de la baja calidad, el cual tiene su razón de ser en la aparición de defectos internos (productos defectuosos; productos reprocesados, materias primas no aptas para su uso, equipamiento defectuoso que funciona mal), en los defectos externos (productos rechazados por el mercado y/o clientes, acuerdos de calidad concertada, garantías adquiridas, penalizaciones contractuales), en las etapas de evaluación del producto (inspección del proceso y del producto; uso del producto en aplicación, mantenimiento y calibración de equipos de medición de los procesos y productos; auditorias de calidad y soporte), y en las medidas de prevención de los defectos (diseño del producto a elaborar, pruebas de campo y en aplicación, capacitación y formación del personal, mejora de la calidad).

Con el objetivo de atajar y controlar el costo de la no calidad surge esta metodología 6 σ en los procesos industriales, para disponer de procesos industriales, productos fabricados y servicios ofrecidos que sean eficientes y eficaces. Al aplicarla se pueden detectar rápidamente dónde existen problemas en el proceso productivo (cuellos de botella, productos defectuosos, pérdidas de tiempo, etapas críticas), y la calidad de los productos y/o servicios mejora

La misión fundamental de la metodología 6 σ es proporcionar la información necesaria para implementar la máxima calidad del producto o servicio en cualquier actividad, así como crear una atmósfera de confianza y comunicación entre todos los que intervienen en el proceso. Esto es muy importante ya que la información, las ideas y la experiencia aportadas por todos los miembros del equipo ayuda a mejorar la calidad.

El Seis Sigma es un proceso que utiliza herramientas estadísticas para poder medir las distintas variables de los procesos industriales con el fin de detectar los defectos. Una vez observado el comportamiento del proceso, se procede a reducir al máximo los defectos en los productos o servicios, y lograr la plena satisfacción del cliente. En cada etapa del proceso se es responsable de la actividad debe entregar el producto a la siguiente etapa con buena calidad (sin defectos). La aplicación del Seis Sigma ha generado un avance en los sistemas de calidad y por lo tanto en los productos muy notorio.

En definitiva, el Seis Sigma consiste en:

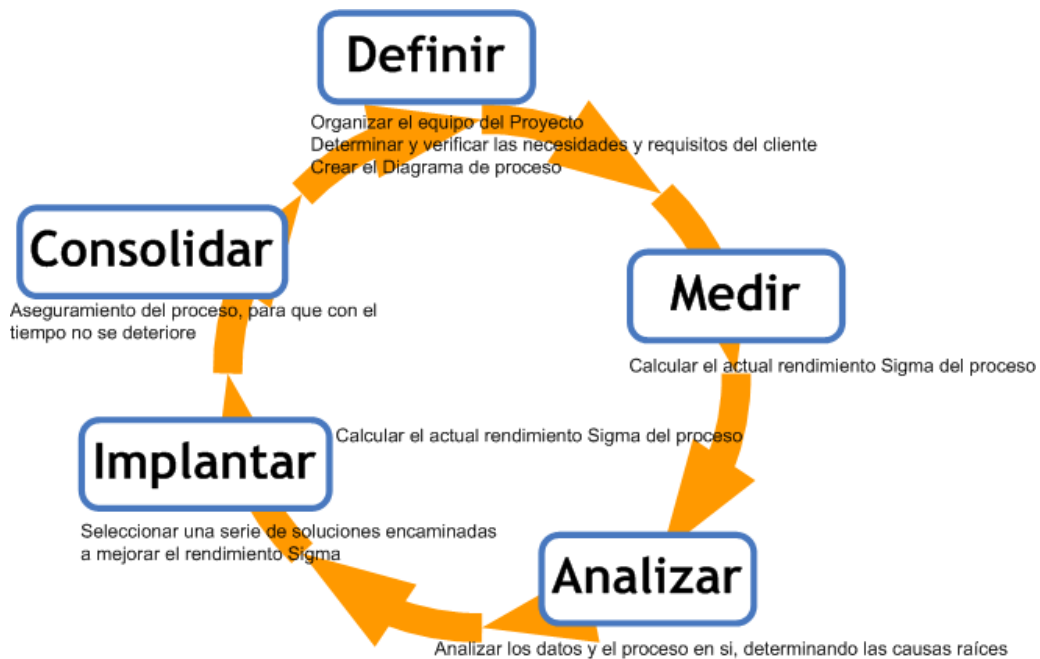
- una visión y una filosofía de compromiso con los clientes para ofrecer productos con la más alta calidad y al menor costo.
- una herramienta que demuestra niveles de calidad de ejecución al 99.9997% para productos y procesos.
- Una herramienta comparativa de la capacidad de productos y procesos con respecto a los “mejores en su clase” (“benchmarking”).
- una aplicación práctica de herramientas y métodos estadísticos que ayudan a medir, analizar, mejorar y controlar los procesos.

Etapas

El proceso de la mejora del programa Seis Sigma se elabora en base a una serie de pasos los cuales permiten llevar a cabo mejoras de los procesos objetivos de mejora y que se muestran a continuación:

1. definir el producto o servicio, el grupo o equipo de trabajo, y describir el proceso.
2. identificar los requisitos de los clientes (teniendo en cuenta que cada etapa del proceso es cliente de la siguiente y ésta de la anterior).

3. comparar los requisitos con los productos (en base a los datos obtenidos en la medición realizada).
4. analizar los datos y el proceso planificando las medidas de optimización necesarias. El análisis permite explorar y dar un diagnóstico del problema a partir de la información obtenida en la fase de medición. En ella se identifica los factores que permiten lograr una mejora sustancial y lograr un mejor desempeño del proceso. En algunos casos es necesario rediseñar el proceso o producto.
5. implantar las medidas de optimización del proceso. En esta fase se desarrollan en la práctica todas las estrategias de mejora, se definen los factores que se van a controlar para medir el efecto sobre las características críticas, y se define la mejor forma de llevar el proceso para lograr el desempeño óptimo
6. asegurar la calidad del producto (en base a las tolerancias definidas). En ella se documenta el resultado de la mejora, y se diseñan herramientas para monitorizar el proceso de ahora en adelante tras validar la efectividad de las medidas de mejora adoptadas.



Las principales herramientas que se utilizan para el desarrollo del Seis Sigma son las siguientes:

- diagrama de flujo de procesos, con el cual se conocen las etapas del proceso por medio de una secuencia de pasos, así como las etapas críticas.
- diagrama de causa-efecto, utilizado para detectar las causas y consecuencias de los problemas en el proceso como se ha comentado anteriormente.

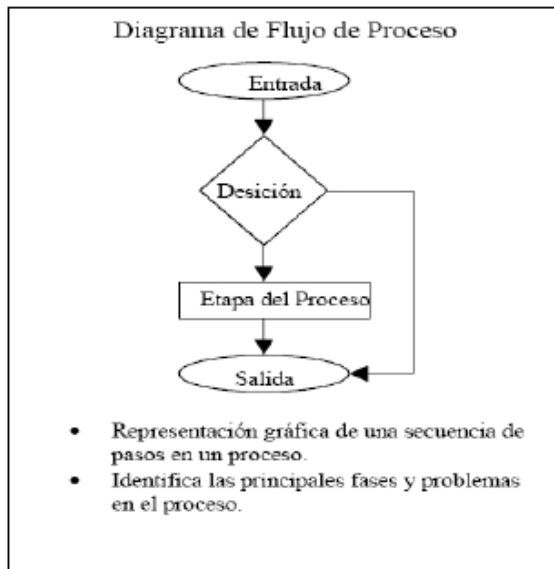


Figura 1. Diagrama de Flujo de Procesos.

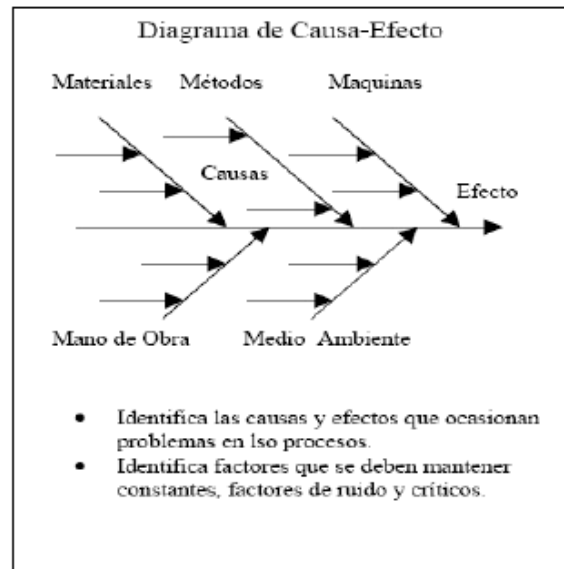
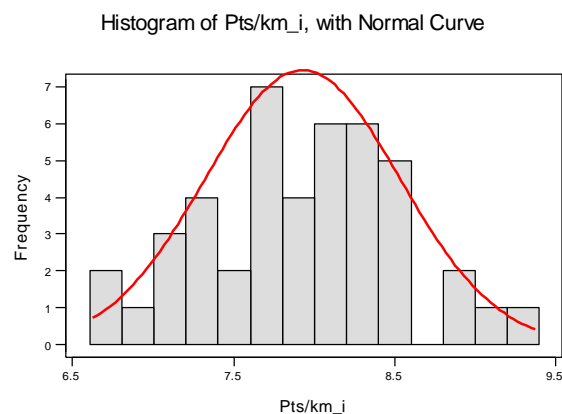
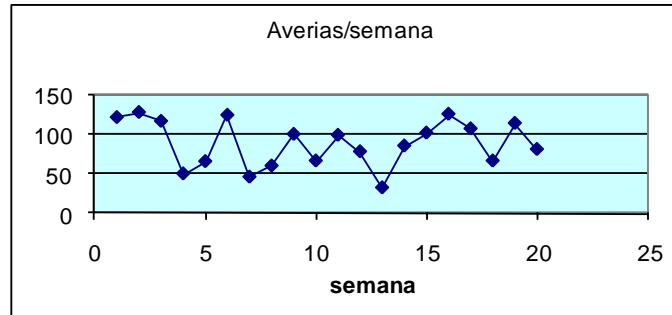


Figura 2. Diagrama de Causa-Efecto

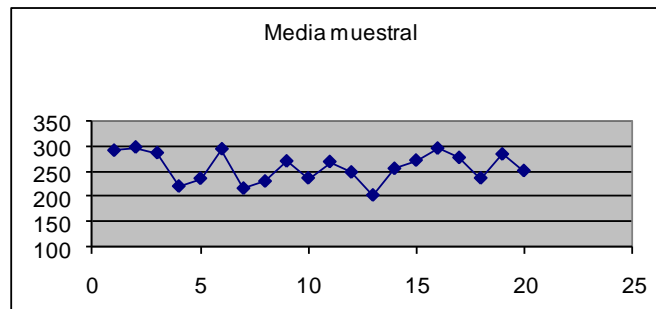
- diagrama de Pareto, que se aplica para identificar las causas principales de los problemas en proceso de mayor a menor como también se ha descrito anteriormente.
- histograma, con el cual se observan los defectos y se agrupan en forma gaussiana conteniendo los límites inferior y superior y una tendencia central.



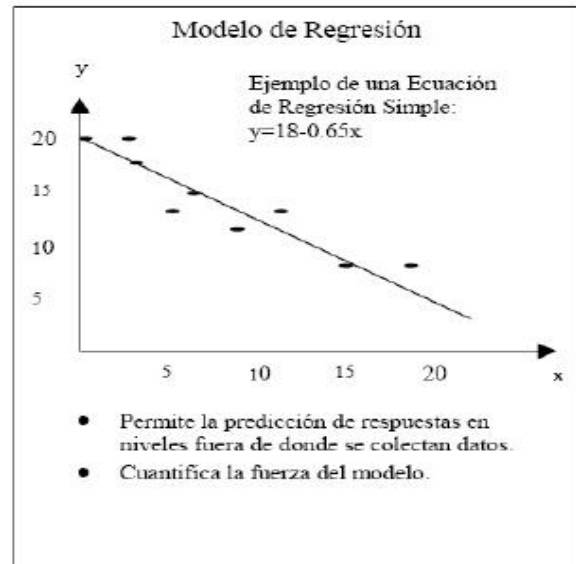
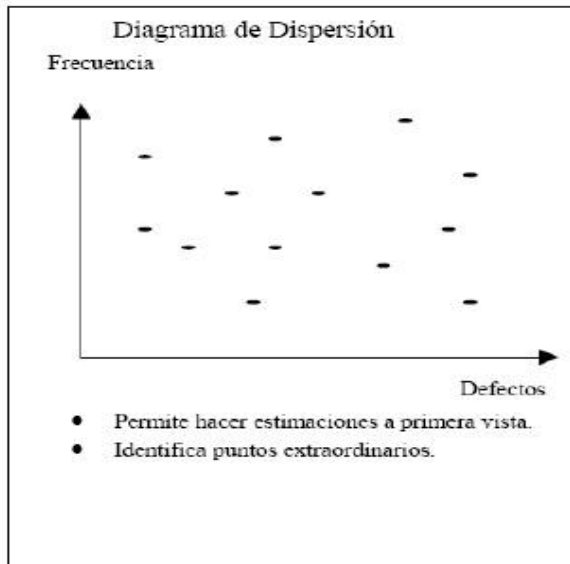
- diagrama de evolución, utilizado para representar datos gráficamente con respecto a un tiempo, con el objeto de detectar cambios significativos en el proceso.



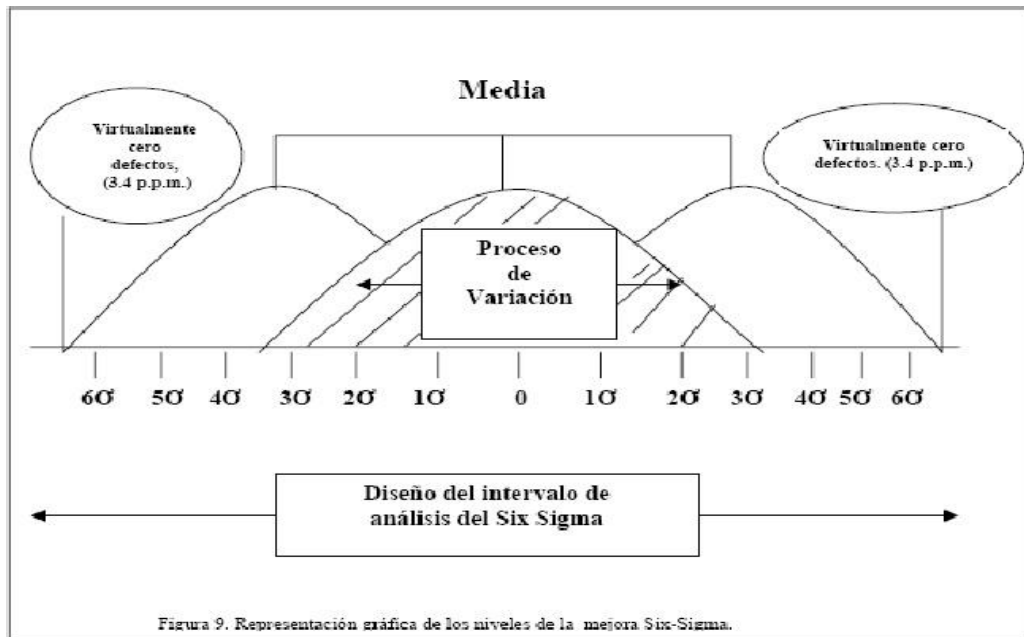
- diagrama de control, que se aplica para mantener el proceso en un valor medio estableciendo unos límites superior e inferior.



- diagrama de dispersión, con el cual se pueden relacionar dos variables y obtener una estimación de su grado de correlación.
- diagrama de regresión, que es utilizado para generar un modelo de relación entre una respuesta y una variable de entrada.



La grafica de Seis Sigma es utilizada para demostrar el nivel de defectos registrados durante el proceso de variación y la media que se obtiene. En la gráfica se muestra que el proceso de variación está situado en el lugar de la media, siendo el lugar donde el proceso estará cambiando en una pequeña escala. El objetivo del 6 σ es obtener la menor cantidad de defectos (3.4 partes por millón), esto es casi cero defectos. La media es el indicador que permite conocer el punto central del proceso de variación, que indica que en cero variaciones no hay alteración del proceso. Los niveles de mejora del 6 σ indican el porcentaje de error de un proceso. Los procesos son evaluados en base a criterios que se representan en niveles (desde el nivel 1 σ al nivel 6 σ), obteniéndose la distribución de datos y los porcentajes de error en la gráfica. La mayor parte de los criterios de evaluación están estandarizados internacionalmente, sólo algunos se pueden modificar de acuerdo a la relación proveedor-cliente. El área bajo la curva indica los niveles y valores con porcentajes de fiabilidad diferentes, que van desde 68.27 % (nivel 1) hasta 99.999943% (nivel 6). El área bajo la curva comprende el valor de la media de los datos y las desviaciones hacia la izquierda y derecha que dependen del nivel de fiabilidad (procesos de variación) donde están distribuidos los datos. Los niveles 6 σ están ubicados en la parte derecha e izquierda de la media, indicando el rango de distribución de los datos, analizándose ambos lados de la gráfica.



Dentro de Seis Sigma, la medida común de evaluación es el índice de defectos por unidad y en ella se puede incluir cualquier ítem: una componente, un trozo de material, una muestra de materia prima líquida, una forma administrativa, una transacción en un banco, o una línea de código. El valor de sigma nos indica que frecuencia de defectos o fallos pueden ocurrir en el proceso. A más alto nivel de sigma, menos defectos o fallos en el proceso pueden ocurrir. De esta forma, cuando la sigma aumenta, la necesidad de pruebas e inspecciones disminuye, aumenta la fiabilidad del proceso, los costos de calidad disminuyen, los re-procesos se reducen significativamente, el tiempo de ciclo se reduce drásticamente, y la satisfacción del cliente aumenta.

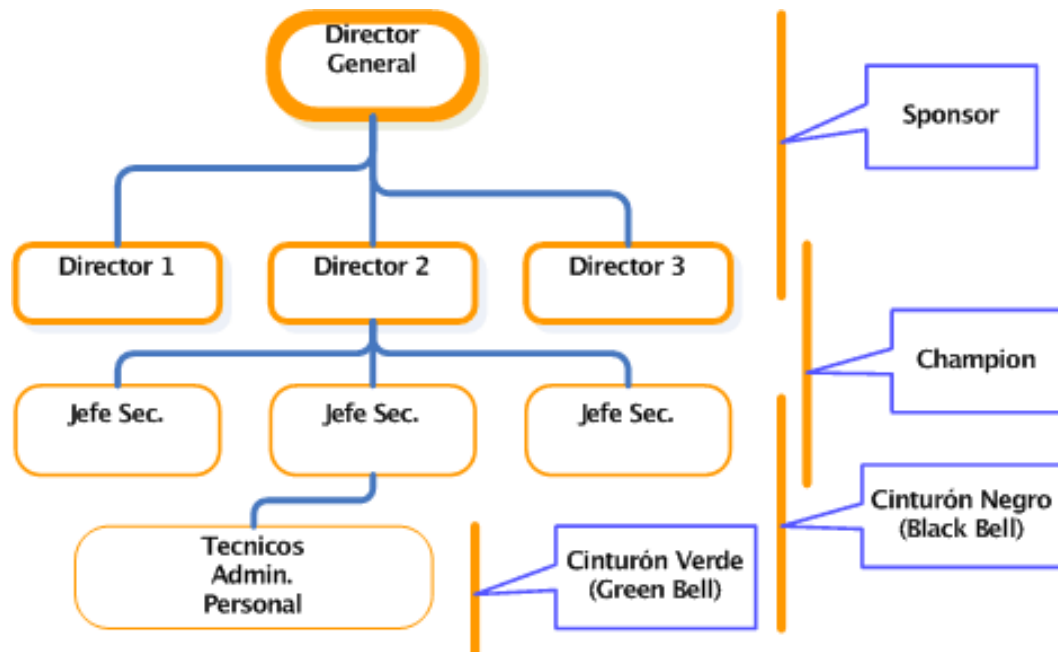
Para entender mejor esta idea, la siguiente tabla presenta varios niveles de capacidades sigmas y sus implicaciones para cada uno. Esta tabla puede ser utilizada para cualquier producto, proceso, servicio, o transacción.

Nivel de sigma	Partes por millón	Costo de calidad	
6 sigma	3.4 defectos por millón	< 10% de ventas	(Clase mundial)
5 sigma	233 defectos por millón	10-15% de ventas	(industria promedio)
4 sigma	6210 defectos por millón	15-20% de ventas	(No competitivo)
3 sigma	66807 defectos por millón	20-30% de ventas	
2 sigma	308537 defectos por millón	30-40% de ventas	
1 sigma	690000 defectos por millón		

Para ilustrar el objetivo Seis Sigma consideremos el siguiente ejemplo, si una alfombra de 1,70 metros cuadrados se limpiara a un nivel tres sigma, se esperaría que aproximadamente medio metro de alfombra quedaría sucia, si la misma alfombra se limpiara a un nivel de Seis Sigma, únicamente un área de tamaño de una cabeza de un alfiler quedaría sucia.

El éxito de esta metodología depende también en gran medida de las personas que participan en los proyectos de mejora, las cuales deben ser entrenadas. Su entrenamiento está enfocado a darles el conocimiento necesario y la capacidad técnica para que se puedan lograr las metas de mejora propuestas dentro de los proyectos. Las personas encargadas de poner en práctica el Seis Sigma son clasificadas por su capacidad de analizar los procesos:

- **Líder (“Champion”)**: son líderes de la alta gerencia quienes sugieren y apoyan proyectos, ayudan a obtener recursos necesarios, y eliminan los obstáculos que impiden el éxito del proyecto. También participan en la revisión y aseguran que se desarrolle la metodología Seis Sigma.
- **Maestro de Cinta Negra (“Master Black Belt”)**: son expertos a tiempo completo, capacitados en las herramientas y tácticas de Seis Sigma, y son los responsables del desarrollo e implantación de la estrategia de Seis Sigma para el negocio.
- **Cinta Negra (“Black Belt”)**: son líderes de equipos responsables de medir, analizar, mejorar, y controlar procesos que afectan a la satisfacción del cliente, la productividad, y la calidad. Su capacitación suele durar unas seis semanas. Un Cinta Negra con un 100% de dedicación al trabajo de los proyectos puede ejecutar en promedio entre 5 y 6 proyectos al año, generando grandes beneficios en reducción de desperdicios. Se aconseja tener un “black belt” por cada 100 empleados, con esta tasa la compañía puede lograr un 6% de la reducción de costos por año.
- **Cinta Verde (“Green Belt”)**: son ayudantes de un cinta negra, y su capacitación suele ser de tres a cuatro semanas.



3.6. Metodología 5 S

Es una práctica de calidad ideada en Japón referida al mantenimiento integral de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura, sino también del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos. En Inglés se ha dado en llamar “housekeeping” que traducido es “ser amos de casa también en el trabajo”. Cuando un visitante externo entra en unas instalaciones, lo primero que le llama la atención es el nivel de limpieza y orden que observa. De entrada esto es uno de los datos más significativos del grado de atención que le ponemos a lo que nos rodea y por extensión al producto que fabricamos. Conseguir que la planta esté limpia y ordenada es tarea de todos, y es además un exponente de cómo las personas se sienten integradas en los objetivos de la empresa. También es una buena forma de empezar el desarrollo de los grupos de trabajo, comenzando con un proyecto de participación entre jefes y empleados, donde los objetivos que se plantean son a corto plazo y el resultado les afecta a todos. La metodología consiste en desarrollar el hábito de:

- eliminar lo innecesario, los tiempos muertos.
- un sitio para cada cosa, y cada cosa en su sitio.
- a través de la limpieza, ser capaz de detectar defectos y problemas.
- estandarizar la limpieza.
- extender la aplicación a toda la organización y desarrollar sistemas de evaluación y auditorías (ahorro de costos).



Beneficios

1. La implantación de las 5S se basa en el trabajo en equipo.
2. Los trabajadores se comprometen.
3. Se valoran sus aportaciones y conocimiento.
4. La mejora continua se hace tarea de todos.
5. Mayor productividad:
 - Menos productos defectuosos.
 - Menos averías.
 - Menor nivel de existencias o inventarios.
 - Menos accidentes.
 - Menos movimientos y traslados inútiles.
 - Menor tiempo para el cambio de herramientas.
6. Lograr un mejor lugar de trabajo para todos:
 - Más espacio.
 - Orgullo del lugar en el que se trabaja.
 - Mejor imagen ante nuestros clientes.
 - Mayor cooperación y trabajo en equipo.
 - Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas.
 - Mayor conocimiento del puesto.



ANTES



DESPUES

SEIRI (clasificación y descarte)

Significa separar las cosas necesarias de las que no lo son, manteniendo las cosas necesarias en un lugar adecuado. Para ponerlo en práctica debemos preguntarnos que debemos tirar, que debe ser guardado, que puede ser útil para otra persona u otro departamento, que deberíamos reparar, que debemos vender.

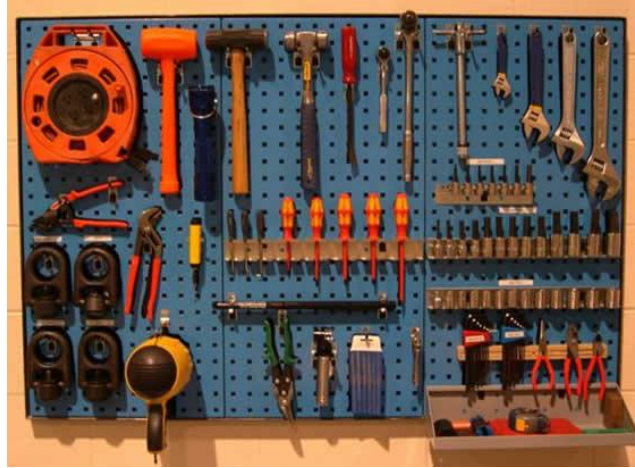
Esta clasificación y descarte permite reducir las necesidades de espacio, almacenamiento, transporte y seguros, evita la compra de materiales no necesarios y su deterioro, permite aumentar la productividad de las máquinas y personas implicadas, y logra alcanzar un mayor sentido de la clasificación y de la economía, un menor cansancio físico, y una mayor facilidad de trabajo.



SEITON (organización)

La organización es el estudio de la eficacia. Es una cuestión de la velocidad a la cual uno puede conseguir lo que necesita, y a la que puede devolverlo a su sitio nuevo. Cada cosa debe tener un único y exclusivo nombre y lugar donde debe encontrarse antes de su utilización, y después de su uso debe volver a él. Todo debe estar disponible y próximo en el lugar de uso. Tener lo que es necesario, en su justa cantidad, con la calidad requerida, y en el momento y lugar adecuado nos llevará a: necesitar un menor control de stock y producción; a facilitar el transporte interno, el control de la producción y la ejecución del trabajo en el plazo previsto; a un menor tiempo de búsqueda de aquello que nos hace falta; a evitar la compra de materiales y componentes innecesarios; a evitar también los daños a los materiales o productos almacenados; a aumentar el retorno de capital y la productividad de las máquinas y personas; y permite una mayor racionalización del trabajo, menor cansancio físico y mental, y mejora el ambiente laboral.

Para tener claros los criterios de colocación de cada cosa en su lugar adecuado debemos responder a las preguntas de si es posible reducir el stock de esta cosa, de si esto es necesario que esté a mano, de si todos llamamos a esto con el mismo nombre, y de cual es el mejor lugar para cada cosa.



SEISO (limpieza)

La limpieza la debemos hacer todos. Es importante que cada uno tenga asignada una pequeña zona de su lugar de trabajo que deberá tener siempre limpia bajo su responsabilidad. No debe haber ninguna parte de la empresa sin asignar. Si las persona no asumen este compromiso la limpieza nunca será efectiva ni real. Toda persona deberá conocer la importancia de estar en un ambiente limpio. Cada trabajador de la empresa debe, antes y después de cada trabajo realizado, retirar cualquier tipo de suciedad generada.

Un ambiente limpio proporciona calidad y seguridad, y además una mayor productividad de personas, máquinas y materiales (evitando hacer cosas dos veces); una mejor venta del producto; es fundamental para la imagen interna y externa de la empresa; y evita pérdidas de productos y daños materiales. Con el fin de conseguir que la limpieza sea un hábito, todos deben limpiar utensilios y herramientas al terminar de usarlas y antes de guardarlos, el mobiliario debe estar limpio y en condiciones de uso, no debe tirarse nada al suelo, y no debe existir ninguna excepción cuando se trata de limpieza. El objetivo no es impresionar a las visitas sino tener el ambiente ideal para trabajar a gusto.

SEIKETSU (higiene y visualización)

La higiene es el mantenimiento de la limpieza y del orden. Quien exige y hace calidad cuida mucho la apariencia. Una técnica muy usada en la producción, calidad, seguridad y servicio al cliente, es la gestión visual (“visual management”) muy útil en el proceso de mejora continua. Consiste en grupo de responsables que realiza periódicamente una serie de visitas a toda la empresa y detecta aquellos puntos que necesitan mejorar, otorgando color rojo a las zonas que necesitan mejorar y verde a las zonas especialmente cuidadas.

Esta “s” facilita la seguridad y el desempeño de los trabajadores, evita daños de salud del trabajador y del consumidor, mejora la imagen de la empresa tanto interna como externamente, y eleva el nivel de satisfacción y motivación del personal hacia el trabajo. Para su desarrollo se suelen emplear: avisos de peligro, advertencias, limitaciones de velocidad, etc.; informaciones e instrucciones sobre equipamiento y máquinas; avisos de mantenimiento preventivo; recordatorios

sobre requisitos de limpieza; avisos para ayudar a las personas a evitar errores en las operaciones de sus lugares de trabajo; e instrucciones y procedimientos de trabajo. Todos estos recursos utilizados deben ser visibles a cierta distancia, colocarse en los sitios adecuados, ser claros, ser objetivos y de rápido entendimiento, y deben contribuir a la creación de un local de trabajo motivador y confortable.

SHITSUKE (compromiso y disciplina)

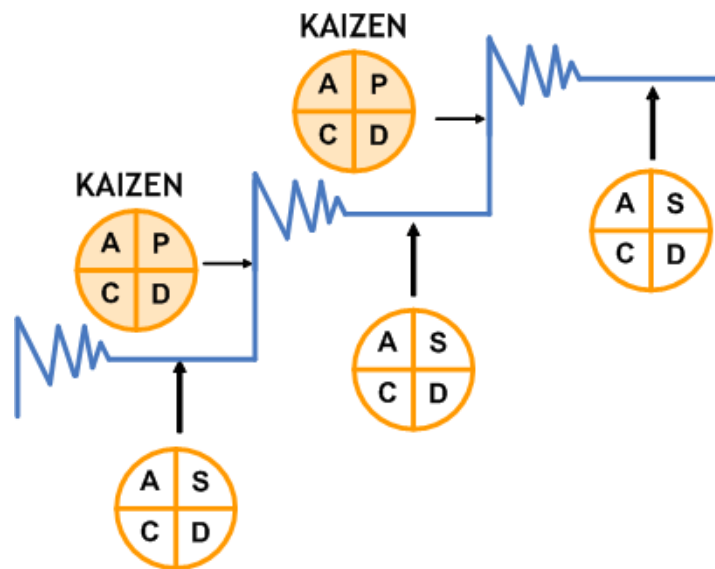
Disciplina no significa que habrá unas personas pendientes de nosotros preparados para castigarnos cuando lo consideren oportuno. Disciplina quiere decir voluntad de hacer las cosas como se supone se deben hacer. Es el deseo de crear un entorno de trabajo basado en el desarrollo de buenos hábitos. Mediante el entrenamiento y la formación para todos, y la puesta en práctica de estos conceptos, se consigue romper con los malos hábitos pasados y poner en práctica los buenos. En definitiva se trata de que la mejora alcanzada con las cuatro “S” anteriores se convierta en una rutina, en base a la autodisciplina y autosatisfacción. Esta última “S” es el mejor ejemplo de compromiso con la mejora continua, todos debemos asumirlo porque todos somos beneficiados.

3.7. Diseño de Puestos de Trabajo

La sensibilidad en poder identificar tanto las actividades como los movimientos que no añaden valor al producto final, es el comienzo del camino para conseguir una amplia optimización de los recursos productivos. El desarrollo de las mejoras, utilizando en cada caso la herramienta adecuada para eliminar el no valor añadido, será finalmente lo que definirá el nuevo puesto de trabajo mejorado. No obstante, la consolidación de la mejora se conseguirá cuando se afiancen y se estandaricen los nuevos métodos propuestos, siendo esto a su vez el punto de partida para una nueva mejora.

Las herramientas de uso práctico que se utilizan en estos casos son:

- diseño del proceso o línea de producción adecuado y óptimo (“lay-out”).
- realizar pautas ergonómicas.
- economía de movimientos.
- uso de tiempos predeterminados para las actividades a realizar.
- estandarización mediante la utilización del crono.
- diseño del método de trabajo.



3.8. Análisis de Problemas y Toma de Decisiones (Metodología 8D)

La falta de una metodología para desarrollar el análisis de los problemas en las empresas hace que estas pierdan dinero y algunas veces clientes. Para evitarlo, se debe tratar de resolver de manera rápida y eficaz las causas que originan los problemas de calidad, de capacidad de máquinas, de altos costes, de entregas a clientes, etc.

La metodología 8D es una herramienta probada, muy potente y eficaz, que permite respuestas rápidas y seguras en la resolución de problemas. Las ocho disciplinas para la resolución de problemas (“Eight Disciplines Problem Solving”) son las siguientes:

1. Formación de un equipo de expertos que cubran todas las funciones.
2. Definición íntegra del problema.
3. Implementar y verificar una acción de contención provisional.
4. Identificar y verificar la causa raíz.
5. Determinar y verificar acciones correctivas permanentes (“Permanent Corrective Actions”, PCAs), así como definir acciones preventivas para evitar que un problema similar pueda surgir de nuevo.
6. Implementar y verificar las acciones correctivas permanentes.
7. Prevenir la repetición del problema y/o su causa raíz.
8. Reconocer los esfuerzos del equipo.

El Gobierno de los Estados Unidos fue el primero en estandarizar el método 8D durante la Segunda Guerra Mundial (“*Military Standard 1520: Corrective action and disposition system for nonconforming material*”). Más tarde en los años 60 y 70 se hizo popular gracias a la empresa automovilística norteamericana Ford. Desde entonces el método 8D se ha convertido en un estándar

en la industria del automóvil fundamentalmente, del ensamblaje, y en otras industrias que necesitan de un método estructurado para la resolución de problemas.

El método 8D se usa para identificar, corregir y eliminar problemas. Esta metodología es de gran utilidad en la mejora de productos y procesos. Establece una práctica estándar basada en hechos. Se concentra en el origen del problema mediante la determinación de la causa raíz. En las 8Ds hay típicamente muchas disciplinas comunes, las cuales pueden encontrarse en varios libros de texto y material de referencia utilizado por los profesionales de calidad (por ejemplo las hojas "Es/No es" es una herramienta común de la D2, o bien un diagrama causa-efecto de espigas es una herramienta empleadas comúnmente en la D4).

El método 8D desarrolló un enfoque de equipo para la resolución de problemas que sigue vigente en la actualidad. Los dos consejos clave a la hora de aplicar esta metodología son los siguientes:

- Incluir un paso inicial D0. En este paso el equipo documenta los síntomas que dieron lugar a las actividades iniciales, junto con actividades de emergencia para la contención del problema, que son desarrolladas antes de comenzar formalmente con el proceso. Este inicio también incorpora preguntas estándar de evaluación para determinar si es necesario llevar al cabo las 8D al completo. De esta forma, se dedican los recursos en las actividades para las que son realmente necesarias.
- Incluir una vía de salida en los puntos D4 a D6. La idea es no solo considerar la causa raíz de un problema, sino también que falló en el sistema de control para que tuviera lugar. Se requiere que el equipo identifique y verifique esta vía de escape (definido como el punto más prematuro tras la causa raíz donde se podría haber detectado el problema) en D4. Posteriormente, a través de D5 y D6, el proceso requiere que el equipo escoja, verifique, implemente, y valide acciones correctivas permanentes para solucionar la vía de escape del problema.

3.9. Metodología Mantenimiento Integrado en Producción (“Total Production Maintenance” (TPM))

Uno de los aspectos que a finales de los años 70, llamó poderosamente la atención fue sin duda el nivel de preparación que los operarios de las cadenas de producción en Japón tenían comparados con sus homólogos occidentales. Esta diferencia se entendió cuando se comprobó que el nivel de aprovechamiento de las máquinas era tremendamente superior en las plantas japonesas que en las plantas occidentales. La explicación era muy sencilla, cuando una máquina se para, el propio operario/operaria atiende la avería en lugar de esperar a que venga el servicio de mantenimiento.

Normalmente, el 80% de las pequeñas averías de las máquinas pueden ser resueltas directamente por el propio operario de producción, sin esperar al técnico de mantenimiento (todo ello lógicamente con la debida preparación y entrenamiento).

3.10. Sistema de Sugerencias

El desarrollo de un programa de sugerencias, además de incentivar la creatividad y la iniciativa de las personas de la empresa, aumentando su valor y autoestima. Es un camino para conseguir altos niveles de productividad. Las empresas de mayor índice de productividad valoran la importancia de este programa, y no han dudado en crear la estructura adecuada para impulsar y dinamizar el sistema de sugerencias.

3.11. Metodología Kanban

El depender exclusivamente de la información que generan los sistemas M.R.P. (“Marketing Revision Programme”), puede ser peligrosa si no existen otros mecanismos que permiten asegurar la existencia de materiales y productos en el momento en que los necesitas. Esta metodología es una buena herramienta para mantener los niveles de inventario justos en los puntos de uso, así como para asegurar que no nos faltará material cuando lo necesitamos de una manera visual.

También es un buen sistema para organizar el almacenamiento de las piezas de menor valor de un almacén (categoría C), permitiendo con ello prestar más atención a las piezas que representan el 90% del valor almacenado (categoría A y B).

3.12. Análisis de Rendimiento Global de una Máquina o Instalación (OEE)

El análisis de la eficiencia global de una máquina OEE (“Overall Equipment Effectiveness”) nos permite conocer donde estamos situados en términos de aprovechamiento de una máquina y condiciona la capacidad de la misma. Esta metodología se basa en la medida de tres parámetros: la disponibilidad (tiempo real dedicado a que la máquina este en marcha produciendo), el rendimiento (dentro del tiempo de marcha de la máquina, la producción que realmente se obtiene comparada con la que esperamos obtener), y la calidad (piezas buenas que obtenemos del total). La combinación de estos parámetros, nos indica hasta donde estamos aprovechando la máquina y cuál es el horizonte que podríamos alcanzar.



En resumen, es necesario desarrollar los siguientes pasos:

- identificar el tiempo de máquina parada en cambios de utillaje y puesta a punto
- identificar el tiempo de cambio y alimentación de material
- identificar los tiempos en limpiezas y mantenimientos
- identificar la producción realizada y compararla con la producción teórica esperada
- identificar las piezas buenas obtenidas a la primera

Es una buena herramienta para sacar el máximo provecho de las máquinas existentes. Con un buen conocimiento de éstas, se evita acometer nuevas inversiones en comprar más máquinas sin haber conseguido su optimización.

3.13. Lean Manufacturing

Es un sistema de gestión que consigue reducir los costes aumentando la calidad del producto o del servicio, creando un entorno de orientación al cliente (plazos de entrega y sistema "pull") y un buen clima laboral. Este modelo de gestión fue diseñado por la compañía Toyota para sus plantas de fabricación de automóviles durante la década de los años 70. Está basado en la eliminación o reducción de aquellas actividades que no generan valor al producto o servicio final (¿por dónde se escapa la productividad?).

Para desarrollar esta metodología se emplean todas las técnicas de mejora que hemos estado desarrollando hasta el momento, así como tres nuevas que surgen como consecuencia de ella que son la cartografía de análisis del valor de los procesos VSM ("Value Stream Mapping")

fundamentalmente para identificar los desperdicios de los procesos, el cambio rápido de herramientas SMED (“Speed Manufacture Exchange Device” en producción), y el sistema “Pull” de planificación.

Además de las herramientas implantadas, es imprescindible involucrar a todo el personal que interviene (gerentes, jefes, mandos, responsables de equipos, etc.). Estos deben ser capaces de mantener y transmitir un alto nivel de motivación y de trabajo en equipo, cada uno a su nivel. El saber aprovechar el potencial de cada persona es necesario para lograr empresas aún más competitivas. La implicación del personal se mide determinando el nivel de información que se emite y recibe, así como el nivel de conocimientos en: materias de productividad (herramientas), mejora de los procesos, calidad total, participación en grupos de trabajo y mejora continua, etc.... Se ha comprobado de forma práctica que una manera eficaz de conseguir la integración de las personas en los objetivos de la empresa es a través de la participación en programa de desarrollo de fundamentalmente tres herramientas ya descritas anteriormente como son un sistema de orden y limpieza 5S, programa de desarrollo de un sistema de sugerencias, y el desarrollo de grupos de trabajo multifuncionales que interactúan entre sí.



Todo modelo de gestión, y en Lean Manufacturing también, implica un compromiso con una serie de indicadores que miden la situación de una empresa en el desarrollo del modelo. Toda empresa que está dispuesta a trabajar tomando como modelo el sistema Lean Manufacturing debe comenzar por conocer cuál es su situación. De esta manera, conocerá cuáles son sus puntos débiles y, en

consecuencia, podrá planificar acciones que le lleven en el menor plazo posible a conseguir el mayor nivel de eficacia.

El desarrollo de la calidad (medidas para aseguramiento de la calidad, herramientas de análisis de defectos y mejora de la calidad, etc.), y la versatilidad operativa son características de este modelo (permite compensar puntas de trabajo y niveles altos de absentismo sin pérdida de eficacia y sin perjuicio de la calidad, así como tener la capacidad de cambiar y preparar la máquinas para nuevos órdenes de fabricación en el menor tiempo posible, agilizando la producción).

Este modelo persigue trabajar según la demanda del mercado con el mínimo inventario. Para ello, también se caracteriza por su estandarización (óptimo grado de documentación en los puestos de trabajo para asegurar el conocimiento de los procesos, facilitar el entrenamiento del personal, identificar "in situ" si el proceso se realiza de acuerdo a los parámetros definidos y a su tiempo ciclo), la organización del puesto de trabajo (el orden, la limpieza, utilización o mejora de tableros de indicadores medidos, y evidencia planes de acción para corregir variabilidades negativas y avanzar en la mejora continua), el mantenimiento Integrado en producción (participación de los operarios de producción en las tareas de mantenimiento, indicadores de parada de máquinas, y planes de acción para minimizarlas), y la logística y planificación (el servicio a los clientes medido en función la capacidad de entrega a tiempo de los pedidos; y la planificación para producir la cantidad justa requerida, vigilando los inventarios y evitando variabilidades de coste negativas).

Falta de productividad

Un alto coste de la producción y de los productos es un resultado de la insuficiente productividad de las máquinas y/o equipos. Dicha falta de productividad origina desviaciones negativas del coste estándar. Inesperadas paradas de máquinas, largos tiempos de reposición de piezas y de puestas en marcha, son ineficiencias que afectan en gran medida a no lograr la máxima capacidad de equipos, máquinas e instalaciones. En ocasiones se requieren turnos extra de producción y, en muchas ocasiones, se planifican inversiones para la compra de equipos o máquinas adicionales por una creída falta de productividad.

Es necesario lograr aumentar la cadena de valor del flujo productivo incrementando la capacidad de los equipos y máquinas, permitiendo con ello una mayor estabilidad en la planificación, reduciendo turnos de trabajo, y ajustando los recursos productivos a la demanda del mercado. En definitiva, es obtener un producto mejor y menos costoso de producir.

Para conseguir aumentar la capacidad de las máquinas es necesario aplicar sobre todo tres de las metodologías que se han descrito anteriormente directamente ligadas al proceso, medir el grado de eficiencia global (OEE), reducir el tiempo de cambio de utillajes y puesta a punto usando la técnica del cambio rápido SMED, y desarrollar programas de mantenimiento donde las personas de producción intervengan en ellas utilizando el desarrollo del TPM.

3.14. Cambio Rápido de Herramientas (SMED)







La aplicación de la herramienta SMED (“Speed Manufacture Exchange Device”) ofrece uno de los más espectaculares resultados de optimización y aprovechamiento de máquinas. Nos permite con muy poca inversión conseguir reducciones en la duración de cambios de herramientas y puesta a punto de las máquinas muy ventajosas. Es una herramienta que permite la mejora en la disponibilidad de la máquina, reduce el desperdicio de materiales y de tiempos, ayuda a los programas de producción, permite reducir el inventario de productos acabados, permite desarrollar el “justo a tiempo” (“just in time”) y suavizar el flujo de producción, incrementa la capacidad de la máquina, y permite aumentar la flexibilidad del proceso.

En la mayoría de los casos se consigue reducir un 40% de tiempo de paradas de máquina sin inversión de dinero cuando aplicamos este tipo de herramienta.

3.15. Análisis de Valor de los Procesos (VSM, “Value Stream Mapping”)

El análisis de valor de un proceso es una herramienta que permite sistemáticamente identificar todo aquello que no da valor al producto final, y que con su eliminación se reduce el coste total del producto, entendiendo como valor de un proceso aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar. Descubrir todas aquellas actividades en las que se invierte dinero y no son rentables es una de las principales tareas en las que toda organización debería dedicar sus esfuerzos. Las herramientas que se utilizan para desarrollar este proceso son tres fundamentalmente:

- diseño del mapa de procesos, que consiste en plasmar de forma gráfica todo el desarrollo del proceso de manera que se identifiquen todas las operaciones en base a unos símbolos adecuados:

-  operación que añade valor
-  operación que no añade valor
-  transporte
-  demora
-  almacén
-  control

- identificación de los 7 desperdicios que son:
- sobre-producción

- esperas
 - transporte
 - sobre-procesos
 - inventarios
 - movimientos innecesarios
 - reprocesados
- análisis de los movimientos en el método de trabajo de desarrollo de una determinada actividad, como por ejemplo los siguientes:
 - alcanzar
 - mover
 - agacharse y levantarse
 - coger
 - posicionar
 - soltar
 - andar

3.16. Sistema Pull para la Cadena Productiva

La planificación siguiendo el criterio “pull”, sobre todo en aquellos procesos de corto tiempo de ejecución, se centra en planificar la producción de sólo lo que se va a enviar al cliente. Tal y como se ha mencionado, uno de los principios fundamentales del “Lean Manufacturing” es producir de acuerdo a la demanda del mercado y, por lo tanto, todo lo que se produzca fuera de este entorno se considera sobre-producción (que es uno de los 7 desperdicios mencionados).

Este sistema evita ocupar máquinas, equipos y personas en producciones cuya demanda no es inmediata. Además, al trabajar con reducidos tamaños de lotes de fabricación, cualquier incidencia durante el proceso es inmediatamente detectada y resuelta. Las necesidades urgentes de producción son fácilmente intercaladas en el proceso productivo al disponer de poca cantidad de inventario en circulación. Es más, se consigue trabajar con menor cantidad de personas en la línea ya que permite detectar inmediatamente los cuellos de botella y corregirlos de forma rápida para restablecer el equilibrio del proceso.



Cómo implantar el sistema "Lean Manufacturing"

Ya se ha comentado que este sistema o modelo de gestión permite alcanzar niveles altamente rentables y competitivos en la empresa. El motor de la implantación se basa en el convencimiento y apoyo de la gerencia de la empresa durante el lanzamiento del proyecto. La utilización de todas las herramientas disponibles en el sistema permite mejorar en las actividades y campos donde se aplique, siendo necesaria una estandarización del sistema que consolide todas las acciones que se realicen. Al final, los buenos resultados van siendo patentes progresivamente tanto a corto como a medio plazo.

En todas aquellas empresas donde el sistema ha sido aplicado con rigor se aseguran resultados promedios de productividad superiores al 25%, permitiendo un crecimiento progresivo hasta convertirse en líderes del mercado.



Para la implantación del proyecto se sigue el proceso general siguiente:

- de 4 a 6 semanas: Preparación del lanzamiento, entrenamiento y capacitación
- de 8 a 22 semanas: Producción normalizada y estable
 - planta ordenada
 - gráficos de control en su sitio
 - hojas de calidad/proceso disponibles
 - grupos de trabajo en formación
 - indicadores medibles bajo control
 - fabrica revisada y visualizada
- de 14 a 30 semanas: Flujo continuo
 - implantación del cambio rápido de herramientas
 - Kanban en el flujo de materiales de producción
 - dispositivos de alarma (anti-error)
 - planificación avanzada de calidad
- de 22 a 40 semanas: Producción sincronizada
 - línea de producción optimizada en base a los estándares de tiempo (medición de la duración de una determinada actividad industrial para usarla como referencia, ya que servirá como base para establecer planificaciones de trabajos, para conocer la capacidad de las máquinas, para determinar las personas necesarias en el desarrollo de una determinada actividad, o para establecer sistemas de remuneración variable (primas de productividad)).
 - substancial mejora del grado de eficiencia global (OEE)

- grupos de trabajo funcionando
- de 35 a 45 semanas: Sistema “pull”
 - justo a tiempo para el flujo de materiales de producción
 - nivel de cero defectos
 - máxima eficiencia de máquinas
- de 35 a 56 semanas: Producción nivelada
 - alinear la capacidad de producción con la demanda del cliente

4. Ejemplos de Innovación Medioambiental en Procesos Industriales

Se pretende mostrar algunos ejemplos de determinadas industrias que han desarrollado una serie de procesos o técnicas innovadoras que les ha permitido optimizar y mejorar sus actividades, y hacer que sean menos impactantes con el medioambiente.

Dado que el sector industrial es muy amplio, y cada uno de ellos exige un profundo conocimiento técnico para su desarrollo, se hace una descripción breve de las distintas alternativas que ha utilizado cada sector para mejorar sus aspectos medioambientales. Constituyen técnicas o procesos más eficientes, que permiten ahorrar costes, y sobre todo que evitan daños ambientales reduciendo y/o eliminando cuando es posible sus causas principales. En muchos casos se trata de encontrar posibles substitutos a materias primas empleadas que tienen una elevada incidencia medioambiental, aunque no siempre es posible y, en esos casos, se debe tratar de evaluar alternativas factibles que sean adecuadas y que contengan el coste.

Cabe señalar también que estas medidas o técnicas deben ir acompañadas en todo momento por la existencia de un sistema de gestión global que utilice y base su efectividad y eficiencia en la utilización de aquellas herramientas de mejora que se han comentado en el apartado anterior (objetivos, procedimientos, instrucciones, políticas, controles, registros, estadística, seis sigma, lean, etc.). En cada caso particular se debe comenzar por disponer de un sistema y un conocimiento técnico y experimental profundo, para posteriormente poder evaluar y analizar qué medidas serán las que nos permitan controlar, reducir, o eliminar por completo aquellos aspectos críticos de cada proceso desde el punto de vista medioambiental que nos ocupa.

4.1. La Industria Cerámica

En general, el término cerámica (productos cerámicos) se utiliza para materiales inorgánicos formados por compuestos no metálicos, que pueden tener algún contenido orgánico, y que son estabilizados mediante un proceso de cocción. Además de los materiales en base arcilla, la cerámica incluye actualmente multitud de productos con una pequeña fracción de arcilla o ninguna en absoluto.

Los principales sectores que se apoyan en los productos cerámicos manufacturados (cerámica), son los siguientes:

- pavimentos y revestimientos
- ladrillos y tejas
- cerámica de mesa y de decoración (cerámica doméstica)
- productos refractarios
- cerámica sanitaria
- cerámica técnica
- tuberías de gres vitrificado

- agregados de arcilla expandida
- abrasivos aglomerados inorgánicos.

La cerámica puede ser vidriada o no vidriada, porosa o vitrificada. Durante el proceso de cocción de materiales cerámicos se produce una transformación de los minerales constituyentes, dependiente del tiempo y de la temperatura, que da lugar a una mezcla de nuevos minerales y fases vítreas generalmente.

Entre las propiedades características de los productos cerámicos se encuentran una elevada resistencia mecánica, una gran resistencia al desgaste, una vida útil larga, son inertes e inoocuos químicamente, una gran resistencia al calor y al fuego, una resistencia eléctrica, y a veces también una porosidad específica.

Las materias primas cerámicas se encuentran distribuidas por toda Europa, de manera que ciertos productos cerámicos como los ladrillos, que son relativamente baratos (pero que suponen costes de transporte elevados debido a su peso) se fabrican en casi todos los Estados miembros. Debido a las tradiciones de construcción y a las consideraciones patrimoniales, la dimensión de las unidades difiere de un país a otro. Los productos más especializados, que exigen precios más elevados, suelen fabricarse principalmente en los países que disponen de las materias primas especiales necesarias para su elaboración y que tienen conocimientos técnicos suficientes para desarrollarlos.

Aspectos ambientales clave

En función de los procesos específicos de producción, las instalaciones de fabricación de productos cerámicos generan determinadas emisiones al aire, al agua y al suelo (residuos). Además de esto, el medio ambiente puede verse afectado por ruido y olores desagradables. El tipo y la cantidad de contaminación atmosférica, residuos y aguas residuales dependen de diferentes parámetros como son por ejemplo las materias primas, los agentes auxiliares, los combustibles, y los métodos de producción utilizados. Estos aspectos suelen ser los siguientes:

- emisiones a la atmósfera: suelen ser emisiones de partículas y/o polvo, hollín, gases (óxidos de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, compuestos fluorados y clorados inorgánicos, y metales pesados).
- vertidos al agua: las aguas residuales del proceso de fabricación contienen principalmente elementos minerales insolubles y también otro material inorgánico, pequeñas cantidades de muchas especies orgánicas, y algunos metales pesados.
- pérdidas y/o residuos del proceso: las pérdidas del proceso de fabricación de productos cerámicos consisten sobre todo en diferentes tipos de lodos, piezas rotas, moldes de yeso usados, agentes de absorción y adsorción usados, residuos sólidos (polvo, cenizas) y residuos de envases.
- consumo de energía/emisiones de CO₂: todos los sectores de la industria cerámica muestran un consumo intensivo de energía ya que una parte fundamental del proceso es el secado, seguido de la cocción a temperaturas comprendidas en el intervalo 800-2000°C. En la actualidad, se utilizan principalmente para la cocción el gas natural, el gas licuado de petróleo (propano y butano) y el fuelóleo; mientras que el fuelóleo pesado, el gas natural licuado (GNL), el biogás, la biomasa, la electricidad, y los combustibles sólidos (p. ej., carbón y el coque de petróleo) pueden utilizarse asimismo como fuentes de energía para los quemadores de los hornos.

Procesos y técnicas aplicadas

La fabricación de productos cerámicos puede llevarse a cabo utilizando diferentes tipos de hornos, con una amplia gama de materias primas y con diversas formas, tamaños y colores. No obstante, el

proceso general de fabricación es bastante uniforme, aunque en el caso de pavimentos y revestimientos, cerámica doméstica, sanitaria y técnica, supone a menudo un proceso de cocción en varias etapas.

En general, las materias primas se mezclan, moldean, presan o extrusionan hasta darles forma. Normalmente, el agua se utiliza para conseguir una mezcla y un moldeado adecuado. Esa agua se evapora en los secadores, y los productos se colocan manualmente en el horno de forma directa o en vagones que funcionan de forma continua. Durante la cocción se requiere un gradiente térmico muy preciso para conseguir el tratamiento adecuado de los productos. Después es necesario un enfriamiento controlado, de manera que el material libere el calor gradualmente y preserve su estructura cerámica. Por último, se procede al embalaje y almacenamiento de los productos para su entrega.

Emisiones

El tratamiento de las arcillas y otras materias primas cerámicas conduce inevitablemente a la formación de polvo, especialmente en el caso de materiales secos. El secado (incluyendo la atomización), la fragmentación o molienda (trituración y molturación), el cribado, la mezcla y el transporte, pueden producir la liberación de polvo fino. Asimismo se forma cierto polvo durante la decoración y la cocción, así como durante el mecanizado y el acabado de los artículos cocidos.

Las emisiones de polvo a la atmósfera no sólo se derivan del uso de las materias primas, sino también de los combustibles utilizados. Los compuestos gaseosos liberados durante el secado y la cocción proceden principalmente de las materias primas, pero los combustibles también contribuyen a la emisión de contaminantes gaseosos, en particular SO_x , NO_x , HF, HCl, Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), y metales pesados.

Las aguas residuales del proceso de fabricación se generan sobre todo por el lavado y la suspensión de los materiales arcillosos en agua corriente durante el proceso de fabricación y la limpieza de los equipos, pero también se producen emisiones al agua durante el funcionamiento de los lavadores de gases por vía húmeda. El agua añadida directamente a la mezcla de cuerpos cerámicos se evapora después al aire durante las fases de secado y cocción.

Los materiales perdidos durante el proceso de fabricación pueden reciclarse y reutilizarse a menudo dentro de la instalación, de acuerdo con las especificaciones de los productos o los requisitos del proceso. Los materiales no reciclables *in situ* pueden utilizarse en otras industrias o entregarse a gestores externos para su reciclado o su eliminación.

Consumo

En la industria cerámica la energía se utiliza principalmente para la cocción en el horno y, en numerosos procesos, el secado de productos semi-elaborados o artículos moldeados también consume mucha energía.

El agua se utiliza en casi todos los procesos cerámicos, y la buena calidad de ésta es esencial para la preparación de arcillas y barbotinas de vidriado, masas de arcilla para extrusión, masas para moldear, polvos atomizados, trituración/molturación por vía húmeda, y operaciones de lavado o limpieza.

La industria cerámica utiliza una amplia gama de materias primas, que incluye los principales materiales de formación de los cuerpos cerámicos, en grandes cantidades, y diversos aditivos,

aglutinantes y materiales de decoración aplicados sobre la superficie (que se utilizan en menor medida).

Técnicas a considerar

Entre los aspectos ambientales importantes figuran las emisiones al aire y al agua, la eficiencia energética, la utilización de materias primas y agua, la minimización, recuperación y reciclado de las pérdidas/residuos y aguas residuales de los procesos, y los sistemas de gestión eficaces.

Reducción del consumo de energía (eficiencia energética)

La elección de la fuente de energía, la técnica de cocción y el método de recuperación del calor es fundamental para el diseño del horno. De la misma manera, estos elementos son algunos de los factores más importantes que determinan el comportamiento ambiental y la eficiencia energética de los procesos de fabricación.

A continuación se enumeran las principales técnicas para reducir el consumo de energía, y que pueden aplicarse juntas o por separado:

- mejora del diseño de hornos y secadores
- recuperación del excedente de calor de los hornos, especialmente en la zona de refrigeración
- cogeneración Reducir el consumo de energía primaria mediante instalaciones de cogeneración en función de la demanda de calor útil, con arreglo a sistemas de regulación energética económicamente viables
- sustitución del combustible utilizado en el proceso de cocción, fuelóleo pesado y los combustibles sólidos, por combustibles de baja emisión
- modificación de los cuerpos cerámicos.

Emisiones de polvo (partículas)

Para evitar las emisiones difusas y canalizadas de polvo, se utilizan diferentes medidas y técnicas, que pueden aplicarse juntas o por separado, para proteger y aislar las operaciones que generan polvo o las zonas de almacenamiento a granel. Algunas de ellas pueden ser la utilización de filtros de mangas, mediante la limpieza del secador evitando la acumulación de residuos de polvo en su interior y adoptando protocolos de mantenimiento adecuados, la utilización de combustibles con bajo contenido de cenizas en la cocción, la minimización de la formación de polvo en el momento de cargar en el horno los artículos que deben cocerse, la limpieza en seco de los gases de combustión por medio de filtros, el uso de adsorbentes de lecho fijo de tipo cascada, mediante filtros de láminas sinterizadas, mediante la aplicación de ciclones combinados con separadores húmedos de polvo en las instalaciones existentes, o mediante precipitadores electrostáticos o separadores húmedos de polvo. En general, se utilizan sistemas de separación o filtros.

Compuestos gaseosos

Para evitar las emisiones de contaminantes atmosféricos gaseosos (en particular SO_x, NO_x, HF, HCl y VOC) se describen las siguientes medidas y técnicas primarias y secundarias, que pueden aplicarse juntas o por separado:

- reducción de la entrada de precursores de contaminantes
- adición de aditivos ricos en calcio

- optimización de los procesos (sobre todo la curva de calentamiento)
- plantas de adsorción y absorción como adsorbentes de lecho fijo de tipo cascada, limpieza de gases con filtros secos, mediante adsorbentes modulares especialmente en los casos en los que no es muy alto el caudal de efluentes gaseosos y son bajas las concentraciones de polvo y de compuestos inorgánicos, o mediante filtros de carbón activo.
- aplicación de un sistema de postcombustión térmica

Aguas residuales del proceso de fabricación

Los objetivos y soluciones para reducir las aguas de proceso (vertidos y consumo) se presentan en forma de medidas de optimización del proceso y sistemas de tratamiento de aguas residuales. La reducción de los vertidos y la disminución del consumo puede lograrse mediante la aplicación de una combinación de esas medidas. Limpiar las aguas residuales del proceso mediante la aplicación de diferentes sistemas de depuración de aguas residuales del proceso para garantizar la limpieza adecuada del agua que va a reutilizarse en el proceso de fabricación, o que va a verterse directamente a los cursos de agua o indirectamente al sistema de alcantarillado de aguas residuales urbanas.

Pérdidas/residuos del proceso de fabricación

Los objetivos de reducción de las pérdidas/residuos del proceso y las soluciones correspondientes se presentan, en lo que se refiere a los lodos generados por la fabricación de productos cerámicos y a las pérdidas/residuos sólidos, en forma de medidas/técnicas de optimización del proceso, reciclado y reutilización. Reciclar y/o reutilizar los lodos mediante sistemas de reciclado y/o de reutilización en otros productos da buenos resultados.

Para la reducción de las pérdidas/residuos suele utilizarse en general una combinación de esas medidas o técnicas:

- re-introducción de materias primas no mezcladas
- re-introducción de artículos rotos en el proceso de fabricación
- utilización de las pérdidas sólidas del proceso en otras industrias
- sustitución de los moldes de yeso por moldes de polímeros o metálicos
- utilización de mezcladoras a vacío
- control electrónico de la cocción
- aplicación de parámetros optimizados.

Ruido

Hay posibilidades reales de reducción del ruido producido durante las diferentes etapas del proceso de fabricación de productos cerámicos. Medidas generales que se pueden aplicar para reducirlos pueden ser:

- cubrir o proteger las unidades
- aislamiento de las unidades contra las vibraciones
- utilización de silenciadores y ventiladores de baja rotación
- colocación de ventanas, accesos, y unidades ruidosas lejos del vecindario
- aislamiento acústico de ventanas y muros
- cierre de ventanas y accesos
- realización de actividades externas ruidosas sólo de día
- mantenimiento adecuado de la instalación.

Instrumentos/sistemas de gestión ambiental

Los sistemas de gestión ambiental son esenciales para minimizar el impacto ambiental de las actividades industriales en general e incluyen algunas medidas especialmente importantes para la industria cerámica. Son instrumentos que se pueden utilizar para abordar de una manera sistemática y objetiva las cuestiones de diseño, construcción, mantenimiento, funcionamiento y desmantelamiento.

Nuevas técnicas

Se está desarrollando una serie de técnicas nuevas encaminadas a minimizar el impacto ambiental de este sector que permiten optimizar los procesos y que sean más eficientes, eficaces, de más valor, y menos contaminantes. Algunas de las principales que se están desarrollando son las siguientes:

- quemadores de tubo radiante
- cocción asistida por microondas, y secadores de microondas
- nuevo tipo de sistema de secado para productos refractarios
- gestión avanzada de las aguas residuales del proceso con recuperación integrada de los vidriados
- vidriado sin plomo de porcelana de mesa de alta calidad.

4.2. Gestión de Aguas y Gases Residuales en el Sector Químico

Los vertidos en la atmósfera y en el agua constituyen el principal impacto ambiental causado por las emisiones de las plantas químicas.

Las principales fuentes de agua residual en la industria química provienen de los procesos siguientes:

- síntesis químicas
- sistemas de tratamiento de agua residual
- acondicionamiento del agua de abastecimiento
- purga de los sistemas de agua de alimentación de las calderas
- purga de los circuitos de enfriamiento
- lavado a contracorriente de filtros e intercambiadores iónicos
- lixiviados de vertedero
- aguas pluviales procedentes de zonas contaminadas, etc.

En lo que respecta a su impacto, se caracterizan por:

- la carga hidráulica
- el contenido de sustancias contaminantes, expresado como carga o concentración
- el efecto o peligro potencial para el acuífero receptor, expresado como parámetros de sustitución o de suma
- el efecto sobre los organismos que habitan en el acuífero receptor, expresado como datos de toxicidad.

Las emisiones de gases residuales aparecen en forma de:

- emisiones canalizadas, que son las únicas que pueden tratarse
- emisiones difusas
- emisiones fugitivas.

Los principales contaminantes atmosféricos presentes en ellos son:

- compuestos orgánicos volátiles (COV)
- compuestos de azufre (SO_2 , SO_3 , H_2S , CS_2 , COS)
- compuestos de nitrógeno (NO_x , N_2O , NH_3 , HCN)
- compuestos halogenados (Cl_2 , Br_2 , HF, HCl, HBr)
- compuestos de combustión incompleta (CO, C_xH_y)
- partículas.

La gestión ambiental es una estrategia para tratar (o prevenir) los vertidos de residuos procedentes de actividades de la industria (química), teniendo en cuenta las condiciones locales y mejorando de este modo el rendimiento integral de la planta química. La gestión ambiental permite a la empresa conocer mejor los mecanismos contaminantes del proceso de producción, tomar decisiones equilibradas sobre medidas ambientales a acometer, evitar soluciones temporales e inversiones no recuperables, y actuar de forma adecuada y tomando la iniciativa sobre los nuevos desarrollos medioambientales. Normalmente un sistema de gestión ambiental sigue un proceso cíclico y continuo de varios pasos que se sirve de diversas herramientas de gestión y de ingeniería divididas en las siguientes categorías básicas:

- herramientas de inventario, que proporcionan, como punto de partida, información pormenorizada y transparente para la adopción de las decisiones necesarias sobre prevención, minimización y control de residuos. Dichas herramientas incluyen el inventario del centro (que proporciona información pormenorizada sobre el emplazamiento, los procesos de producción y las plantas correspondientes, el sistema de alcantarillado existente, etc.); el inventario de efluentes (aguas y gases residuales) que proporciona información pormenorizada sobre los flujos de residuos (cantidad, contenido de contaminantes, variabilidad, etc.), sus orígenes, cuantificación, evaluación y validación de las causas de las emisiones, con lo que se obtiene una clasificación de los distintos caudales para identificar las opciones disponibles y una lista de prioridades para futuras mejoras; el inventario de efluentes que incluye también una evaluación completa de efluentes y una evaluación de la reducción del consumo de agua y de los vertidos de agua residual; y el análisis de flujo de energía y materiales que sirve para mejorar el rendimiento operativo de los procesos (en lo que respecta al consumo de energía, materias primas, vertido de residuos).
- herramientas operativas que llevan a la práctica las decisiones de gestión ambiental. Dichas herramientas incluyen: seguimiento y mantenimiento periódico, definición y revisión periódica de objetivos o programas internos para la mejora continua en materia de medio ambiente, elección de las opciones de tratamiento y sistemas de recogida (tomando como base por ejemplo, el resultado de las herramientas de inventario y su implantación), métodos de control de calidad empleados como “solución de problemas” cuando un proceso de tratamiento existente se descontrola o no satisface los requisitos (diagrama de causas y efectos, el análisis de Pareto, el diagrama de flujos, o el control estadístico de procesos).
- herramientas estratégicas, que abarcan la organización y ejecución de la manipulación de residuos en toda la planta química de manera integrada, evaluando las opciones ambientales y económicas. Dichas herramientas incluyen: la evaluación de riesgos como metodología común para calcular el riesgo humano y ecológico como resultado de las actividades realizadas en los procesos de producción, el establecimiento de referencias como proceso de comparación de los

logros de una planta o centro con los de otros emplazamientos, la evaluación del ciclo de vida como proceso de comparación de los efectos ambientales potenciales de diferentes modos de actuación.

- herramientas de seguridad y emergencia, necesarias en caso de producirse imprevistos como accidentes, incendios o derrames.

Técnicas y procesos

Las técnicas descritas para el tratamiento del agua residual son:

- técnicas de separación o clarificación, que se utilizan sobre todo en combinación con otras operaciones, ya sea como primer paso (para evitar daños, obstrucciones o incrustación de sólidos en otras instalaciones de tratamiento) o como paso final de clarificación (para eliminar los sólidos o el aceite formado durante la operación de tratamiento previa): separación de gravilla, sedimentación, flotación por aire, filtración, microfiltración/ultrafiltración, separación aceite-agua.
- técnicas de tratamiento fisicoquímico para agua residual no biodegradable, empleadas principalmente para contaminantes inorgánicos o contaminantes orgánicos apenas biodegradables (o inhibidores), a menudo como pre-tratamiento antes de una planta de tratamiento (central) biológico de aguas residuales: precipitación/sedimentación/filtración, cristalización, oxidación química, oxidación en aire húmedo, oxidación supercrítica en agua, reducción química, hidrólisis, nanofiltración/ósmosis inversa, adsorción, intercambio iónico, extracción, destilación/rectificación, evaporación, separación, incineración.
- técnicas de tratamiento biológico para agua residual biodegradable: procesos de digestión anaeróbica como el proceso de contacto anaeróbico, proceso anaeróbico por manto de fangos en suspensión, proceso de lecho fijo, proceso de lecho expandido, eliminación biológica de compuestos de azufre y metales pesados procesos de digestión aeróbica como el proceso de lodos activados con mezcla completa, proceso de biorreactor de membrana, proceso de filtro de escurrimiento, proceso de lecho expandido, proceso de lecho fijo con biofiltro nitrificación/desnitrificación, tratamiento central biológico de aguas residuales.

Las técnicas descritas para el tratamiento de lodos de agua residual pueden considerarse opciones distintas o una combinación de opciones entre sí. Las técnicas descritas para el tratamiento de lodos de agua residual son: operaciones preliminares de espesamiento del lodo, estabilización del lodo, acondicionamiento del lodo, técnicas de deshidratación del lodo, operaciones de secado, oxidación térmica del lodo, vertido controlado del lodo en la propia planta.

Las técnicas descritas de tratamiento del gas residual no se pueden clasificar simplemente como técnicas de recuperación o de atenuación. La recuperación de los contaminantes depende de si se aplican etapas de separación adicionales. Algunas de las técnicas pueden utilizarse como operaciones finales, y otras tan solo como fase de pre-tratamiento o de depuración final. La mayoría de las técnicas de control del gas residual exigen un tratamiento ulterior del agua residual o del gas residual generado durante el proceso de tratamiento. Las técnicas son:

- para compuestos orgánicos volátiles (COV) y compuestos inorgánicos; separación de membrana, condensación, adsorción, depuración por vía húmeda, biofiltración, biodepuración, bioescurrimiento, oxidación térmica, oxidación catalítica quemado por antorcha.
- para partículas: separador, ciclón, precipitador electrostático, depurador de polvo húmedo, filtro textil, filtración catalítica, filtro antipolvo de dos etapas, filtro absoluto (filtro HEPA), filtro de aire de alta eficiencia (HEAF), filtro nebulizador.

- para contaminantes gaseosos en gases de combustión: inyección de sorbente seco, inyección de sorbente semiseco, inyección de sorbente húmedo, reducción no catalítica selectiva de NOx (SNCR), reducción catalítica selectiva de NOx (SNCR).

La industria química comprende una amplia gama de empresas: en un extremo, las pequeñas empresas que tienen un solo proceso y pocos productos, con una o pocas fuentes generadoras de residuos, y, en el otro, las empresas multiproducto con muchos efluentes de residuos complejos. Aunque probablemente no existan dos plantas químicas totalmente iguales en cuanto a su gama de productos, situación ambiental y cantidad y calidad de las emisiones de residuos, es posible mencionar técnicas sobre el tratamiento del agua residual y del gas residual para el sector en su conjunto.

Gestión

El requisito previo para un buen resultado medioambiental es un sistema de gestión medioambiental (SGM). A fin de cuentas, la ejecución correcta y coherente de un SGM reconocido conducirá a un resultado medioambiental óptimo de la planta química. Este sistema debe incluir:

- implantación de una jerarquía transparente de responsabilidades, de manera que las personas encargadas respondan directamente ante los altos directivos
- preparación y publicación de un informe anual sobre actuación ambiental
- fijación de objetivos ambientales internos (específicos de la planta o de la empresa), revisión periódica de dichos objetivos y publicación en el informe anual
- realización de una auditoría periódica para garantizar el cumplimiento de los principios del SGM
- seguimiento periódico de la actuación en materia de medio ambiente y de los progresos realizados de cara a la implantación de una política SGM
- evaluación de riesgos continua para detectar los peligros
- evaluación continua del rendimiento y mejora de los procesos (producción y tratamiento de residuos) en cuanto a consumo de agua y energía, generación de residuos y efectos entre distintos medios
- implantación de un programa de formación adecuado para el personal e instrucciones para los contratistas que trabajen en la planta en temas relacionados con la seguridad, higiene y medio ambiente (SHM) y procedimientos de emergencia
- aplicación de buenas prácticas de mantenimiento
- implantación de un sistema de gestión de agua residual/gas residual (o una evaluación del agua residual/gas residual) como subsistema del SGM, empleando una combinación adecuada de:
 - inventario de planta e inventario de efluentes
 - comprobación e identificación de los focos de emisión más importantes para cada medio y elaboración de una lista según la carga de contaminantes
 - comprobación de los medios receptores (aire y agua) y su nivel de tolerancia a las emisiones, empleando los resultados para determinar hasta qué punto es preciso aplicar unos requisitos de tratamiento más estrictos o si las emisiones son aceptables o no
 - evaluación de la toxicidad, persistencia y bioacumulación potencial del agua residual que se vaya a verter a un acuífero receptor, y comunicación de los resultados a las autoridades competentes
 - comprobación e identificación de los procesos importantes que consumen agua y elaboración de una lista ordenada por consumos

- búsqueda de opciones de mejora; centrándose en los caudales con concentraciones y cargas más altas, en su potencial de riesgo y en el impacto sobre el acuífero receptor 1
- evaluación de las opciones más eficaces comparando las eficiencias de eliminación en general; el equilibrio global de efectos entre distintos medios; la viabilidad técnica, organizativa y económica, etc.
- evaluar el impacto ambiental y los efectos sobre las instalaciones de tratamiento a la hora de planificar nuevas actividades o introducir modificaciones en las actividades ya existentes
- reducir las emisiones en origen
- vincular los datos de producción con los datos sobre cargas de emisión, a fin de comparar los vertidos reales y los previamente calculados
- tratar los caudales de residuos contaminados preferentemente en su origen, en lugar de proceder a su dispersión y posterior tratamiento centralizado, a menos que exista una buena razón en contra de ello
- aplicar métodos de control de la calidad para evaluar los procesos de tratamiento o producción o impedir que éstos caigan fuera de control
- aplicar normas de buena práctica industrial para la limpieza de los equipos a fin de reducir las emisiones al agua y a la atmósfera
- utilizar equipos/procedimientos para detectar a tiempo desviaciones que pudieran afectar a las instalaciones de tratamiento posteriores, a fin de evitar contratiempos en dichas instalaciones
- instalar un sistema de alarma eficaz y centralizado que avise de posibles averías y fallos de funcionamiento a todas las personas afectadas
- implantar un programa de seguimiento en todas las instalaciones de tratamiento de residuos para comprobar que funcionan correctamente
- aplicar estrategias para hacer frente a problemas relacionados con el agua de extinción o derrames
- implantar un plan de respuesta a incidentes de contaminación
- asignar los costes de tratamiento de agua residual y gas residual asociados a la producción.
- utilizar medidas integradas en el proceso antes que técnicas de tratamiento posteriores, siempre que se pueda elegir
- comprobar si las instalaciones de producción existentes admiten la adopción posterior de medidas integradas en el proceso, e implantar dichas medidas cuando sea posible o, como muy tarde, cuando la instalación experimente cambios importantes.

Agua residual

Un sistema adecuado de recogida de agua residual desempeña un papel fundamental en la reducción o el tratamiento eficaz de las aguas residuales. Dicho sistema canaliza los flujos de agua residual hasta los dispositivos de tratamiento apropiados e impide que se mezcle el agua residual contaminada y la no contaminada. Por lo tanto, los procesos deben:

- separar el agua de proceso del agua pluvial no contaminada y de otros vertidos de agua no contaminada; si una planta existente no practica la separación del agua, esta técnica se puede instalar (al menos parcialmente) cuando se introduzcan cambios importantes en la planta
- separar el agua de proceso con arreglo a su carga de contaminantes
- instalar un tejado sobre las zonas de contaminación potencial, cuando sea posible

- instalar conductos de drenaje separados para las zonas con riesgo de contaminación, incluido un sumidero al que vayan a parar las fugas o derrames
- emplear alcantarillas de superficie para canalizar el agua de proceso dentro del emplazamiento industrial desde los puntos de generación del agua residual hasta el dispositivo o dispositivos de tratamiento final; si las condiciones climáticas no permiten la instalación de alcantarillas de superficie (cuando las temperaturas están bastante por debajo de 0 °C), también se puede utilizar una red de conductos subterráneos accesibles, muchas plantas químicas tienen todavía alcantarillas subterráneas y normalmente la construcción inmediata de nuevos sistemas de desagüe es inviable, pero se puede trabajar por etapas cuando se planee la introducción de cambios importantes en las plantas de producción o en la red de alcantarillado
- prever medios de retención, por si se produce una avería, y una cantidad suficiente de agua de extinción, según determine la evaluación de riesgos.

El tratamiento de aguas residuales en el sector químico tiene al menos cuatro opciones distintas para su desarrollo, o bien se realiza el tratamiento final centralizado en una planta de tratamiento biológico ubicada en el propio emplazamiento industrial, o en una planta de tratamiento municipal, o el tratamiento final centralizado de agua residual inorgánica se realiza en una planta de tratamiento químico-mecánico, o es un tratamiento descentralizado. Ninguna de estas opciones es preferible a las demás, siempre que se garantice una protección del medio ambiente en su conjunto.

Para el agua pluvial, se utilizan los procesos de canalizar directamente el agua pluvial no contaminada hasta un acuífero receptor, rodeando la red de alcantarillado de agua residual, y de tratar el agua pluvial de zonas contaminadas antes de conducirla a un acuífero receptor. En algunos casos el empleo de agua pluvial como agua de proceso para reducir el consumo de agua fresca puede ser beneficiosa para el medio ambiente, y se utilizan plantas de tratamiento como desarenador, balsas de retención, depósitos de sedimentación, o filtro de arena.

Para eliminar el aceite o los hidrocarburos, con la finalidad de maximizar la recuperación, cuando aparecen en forma de grandes masas alargadas o cuando son incompatibles con otros sistemas, aplicando para ello una combinación de las técnicas:

- separación aceite/agua con ciclón, microfiltración o separador API (“American Petroleum Institute”) cuando cabe esperar la formación de grandes masas de aceite libre o hidrocarburos; aunque también puede utilizarse un interceptor de placas paralelas o un interceptor de placas corrugadas
- microfiltración, filtración de lechos granulosos o flotación por gas
- tratamiento biológico

En cuanto a los sólidos en suspensión (TSS) se deben eliminar en el caudal de agua residual cuando podrían dañar o estropear las instalaciones montadas a continuación o antes de verterlos en un acuífero receptor. Las técnicas habituales para ello son la sedimentación/flotación por aire para capturar la carga TSS principal, la filtración mecánica para reducir aún más el contenido de sólidos, la microfiltración o ultrafiltración cuando es preciso eliminar por completo los sólidos del agua residual, el control de los olores y del ruido cubriendo o encerrando los equipos y canalizando el aire de escape a una planta de tratamiento de gases residuales si es preciso, y deshacerse de los lodos en la propia planta o a través de un gestor.

Como los metales pesados son elementos químicos imposibles de destruir, la recuperación y reutilización son las únicas maneras de evitar su liberación en el entorno. Cualquier otra opción provoca su transferencia entre los distintos medios: agua residual, aire residual y vertido

controlado. Por lo tanto, en estos casos se debe separar el agua residual que contenga compuestos metálicos pesados y tratar en origen los caudales de agua residual segregada, antes de que se mezclen con otros caudales, se deben emplear técnicas que permitan la recuperación y facilitar la posterior eliminación de metales pesados en una planta final de tratamiento como etapa de depuración, con el tratamiento subsiguiente de los lodos, si es necesario (empleando técnicas como precipitación/sedimentación (o en su lugar flotación por aire)/filtración (o en su lugar microfiltración o ultrafiltración), cristalización, intercambio iónico, nanofiltración u ósmosis inversa).

El contenido de sales inorgánicas (o ácidos) del agua residual puede influir tanto en la biosfera del acuífero receptor (por ejemplo un río pequeño enfrentado a una elevada concentración de sal), como en el funcionamiento de los sistemas de desagüe (por ejemplo por corrosión de tuberías, válvulas y bombas o por mal funcionamiento del tratamiento biológico posterior). En este caso se debe controlar el contenido de sales inorgánicas, preferiblemente en origen, y empleando técnicas de control que permitan la recuperación. Son técnicas de tratamiento apropiadas la evaporación, el intercambio iónico, la ósmosis inversa, y la eliminación biológica de sulfato (se emplea exclusivamente para el sulfato, pero cuando hay presentes metales pesados, también se eliminan).

Son contaminantes no aptos para el tratamiento biológico, por ejemplo, la materia orgánica recalcitrante o las sustancias tóxicas que inhiben el proceso biológico. Es necesario impedir el vertido de dichos contaminantes en una planta de tratamiento biológico. Es imposible predecir qué contaminantes inhiben los procesos biológicos en una planta de tratamiento de aguas residuales, ya que ello depende de la adaptación a los contaminantes especiales de los microorganismos que trabajan en esa planta. Por consiguiente, hay que tratar de evitar la introducción de componentes de agua residual en sistemas de tratamiento biológico cuando podrían causar fallos de funcionamiento de dichos sistemas, así como tratar mediante técnicas adecuadas los caudales tributarios de agua residual que tengan una parte no biodegradable relevante.

Dentro de las técnicas que se pueden emplear para la recuperación de sustancias están la nanofiltración u ósmosis inversa, la adsorción, la extracción, la destilación/rectificación, la evaporación y la separación. Entre las técnicas adecuadas para la atenuación sin necesidad de combustible adicional cuando la recuperación es inviable están la oxidación química (aunque hay que tener cuidado con los agentes que contienen cloro), la reducción química, y la hidrólisis química. Entre las técnicas de atenuación que conllevan un consumo energético considerable, cuando no existe otro modo de atenuar la toxicidad o los efectos inhibidores o cuando el proceso puede funcionar de forma autosostenible, se encuentran la oxidación en aire húmedo (variante de alta o baja presión), y la incineración del agua residual.

El agua residual biodegradable se puede tratar en sistemas de control biológico, ya sea en forma de caudales tributarios en sistemas de pre-tratamiento especialmente diseñados (por ejemplo sistemas anaeróbicos o aeróbicos de carga elevada, ya sea en forma de agua residual mixta en una planta de tratamiento biológico o en una etapa de depuración después de la planta de tratamiento centralizado). Por lo tanto, se trata de eliminar las sustancias biodegradables empleando un sistema de tratamiento biológico apropiado (o una combinación apropiada de sistemas), como por ejemplo el pre-tratamiento biológico para evitar una elevada carga biodegradable en la planta de tratamiento final centralizado a partir de técnicas de proceso de contacto anaeróbico, proceso anaeróbico por manto de fangos en suspensión, proceso anaeróbico y aeróbico de lecho fijo, proceso anaeróbico de lecho expandido, proceso de lodos activados con mezcla completa, biorreactor de membrana, filtro de escurrimiento (percolador), proceso de lecho fijo con biofiltro, nitrificación/desnitrificación cuando el agua residual contiene una elevada carga de nitrógeno, tratamiento biológico centralizado evitando la introducción de contaminantes del agua residual no

biodegradables cuando pueden causar un fallo de funcionamiento del sistema de tratamiento y cuando la planta no es adecuada para tratarlos.

Lodos de agua residual

Cuando los lodos de agua residual se manipulan en el propio emplazamiento industrial, las técnicas que se emplean son las descritas al inicio como operaciones preliminares de espesamiento del lodo, estabilización del lodo, acondicionamiento del lodo, técnicas de deshidratación del lodo, operaciones de secado, oxidación térmica del lodo, o vertido controlado del lodo en la propia planta.

Gas residual

Los sistemas de recogida de gas residual se instalan para canalizar las emisiones gaseosas hasta los lugares de tratamiento. Dichos sistemas se componen de un cerramiento del foco de emisión, unos orificios de ventilación y los conductos. Las técnicas que se utilizan para reducir las emisiones se basan en:

- minimizar el caudal de gas que llega a la unidad de control enclaustrando lo más posible el foco de emisión
- impedir el riesgo de explosión, y para ello se debe instalar un detector de inflamabilidad dentro del sistema de recogida cuando el riesgo de formación de una mezcla inflamable sea alto
- mantener la mezcla de gas por debajo del límite inferior de explosividad o por encima del límite superior de explosividad
- instalar equipos apropiados que impidan la ignición de mezclas inflamables de gas-oxígeno o minimicen sus efectos

En los procesos industriales aparecen dos tipos de fuentes de gas residual, fuentes de baja temperatura (procesos de producción, manipulación de productos químicos, elaboración de productos), y fuentes de alta temperatura (procesos de combustión, que incluyen instalaciones como calderas, plantas generadoras, incineradores de proceso y unidades de oxidación térmica/catalítica).

Fuentes de baja temperatura

Los contaminantes que es preciso controlar en los gases residuales procedentes de fuentes de baja temperatura (gases de procesos de producción) son polvo (partículas), COV y compuestos inorgánicos (HCl, SO₂, NO_x etc.).

Para eliminar el polvo/partículas de los caudales de gas residual, ya sea como tratamiento final o como pre-tratamiento para proteger las instalaciones montadas a continuación, es necesario tener siempre presente el consumo de agua y energía de las técnicas de tratamiento. Son técnicas de control adecuadas las técnicas de pre-tratamiento con recuperación potencial (separador, ciclón, filtro nebulizador (también como filtro depurador para aerosoles y gotículas) y las técnicas de tratamiento final depurador por vía húmeda (precipitador electrostático, filtro textil, diversos filtros de alta eficacia en función del tipo de partículas)

Para eliminar los COV de los caudales de gas residual, la técnica de control que se aplique depende en gran medida del proceso del que procedan los gases residuales y del nivel de peligro que supongan dichos gases. Hay tres posibilidades:

- Técnicas para la recuperación de materias primas o disolventes, a menudo aplicadas como pre-tratamiento para recuperar la carga COV principal antes de las instalaciones de atenuación o para proteger los equipos montados a continuación. Son técnicas apropiadas la depuración por vía húmeda, la condensación, la separación por membrana, la absorción, o las combinaciones entre ellas condensación-adsorción, separación de membrana-condensación.
- Técnicas de atenuación cuando la recuperación es inviable, dando preferencia a las técnicas de bajo consumo energético.
- Técnicas de combustión (oxidación térmica o catalítica), cuando no se puedan utilizar otras técnicas de igual eficacia. Estas técnicas consisten en tratar los gases de combustión si cabe esperar que contengan una elevada concentración de contaminantes. También se basan en la utilización del quemado por antorcha para deshacerse del exceso de gases combustibles procedentes por ejemplo de operaciones de mantenimiento, o de sistemas averiados o conductos de ventilación distantes no conectados a sistemas de atenuación.

Para otros compuestos que no sean COV, la mejor es eliminar dichos contaminantes empleando la técnica apropiada:

- depuración por vía húmeda (agua, solución ácida o alcalina), para haluros de hidrógeno, Cl₂, SO₂, H₂S, NH₃
- depuración con disolvente no acuoso, para CS₂, COS
- adsorción, para CS₂, COS, Hg
- tratamiento biológico, para NH₃, H₂S, CS₂
- incineración, para H₂S, CS₂, COS, HCN, CO
- SNCR o SCR, para NO_x.

Cuando sea posible, se emplearán técnicas de recuperación antes que técnicas de atenuación, como por ejemplo la recuperación del cloruro de hidrógeno cuando se utilice agua como medio depurador en la primera etapa de depuración para obtener una solución de ácido hidrocórico, o la recuperación de NH₃.

Fuentes de alta temperatura

Los contaminantes que es preciso controlar en los gases residuales procedentes de procesos de alta temperatura (gases de combustión) son polvo (partículas), compuestos halogenados, monóxidos de carbono, óxidos de azufre, NO_x y posiblemente dioxinas.

Para eliminar el polvo/partículas se utilizan las técnicas siguientes:

- precipitador electrostático
- filtro de bolsa (después de un intercambiador de calor a 120-150 °C)
- filtro catalítico (condiciones comparables a las de un filtro de bolsa)
- depuración por vía húmeda (consiste en recuperar el HCl, HF y SO₂ empleando la depuración por vía húmeda en dos etapas o eliminarlos mediante inyección de sorbente, seco, semiseco o húmedo, aunque la depuración por vía húmeda suele ser la técnica más eficaz tanto para la atenuación como para la recuperación.

Para el NO_x, lo mejor es efectuar la SCR en lugar de la SCNR más para instalaciones pequeñas), ya que es más eficaz y más respetuosa con el medio ambiente. Para las instalaciones ya existentes que utilicen dispositivos SNCR, el momento de plantearse un cambio será cuando se planeen cambios importantes en la planta incineradora.

4.3. Industria de Alimentación, Bebidas y Leche (ABL)

La importancia de la seguridad alimentaria en la transformación de los alimentos, las bebidas y la leche es patente hoy en día. Aparte de consideraciones medioambientales, existen otros requisitos y prohibiciones legales que hay que tener en cuenta a la hora de seleccionar los procesos y técnicas en este sector ABL. Todas las instalaciones de producción ABL tienen que cumplir las normas y leyes sobre seguridad alimentaria aplicables.

Los problemas medioambientales más significativos de las instalaciones de este sector son el consumo de agua y la contaminación; el consumo de energía y la minimización de residuos.

La mayor parte del agua que no se utiliza como ingrediente va a parar al flujo de aguas residuales. Normalmente, las aguas residuales no tratadas tienen una demanda química y biológica de oxígeno elevada muy superior a las aguas residuales domésticas. La concentración de sólidos en suspensión, de aceites y grasas (especialmente en las industrias de producción de carne, pescado, lácteos y aceites vegetales) también son muy elevados. Asimismo, pueden encontrarse altos niveles de fósforo (especialmente en los procesos que utilizan grandes cantidades de ácido fosfórico como en el desengomado de aceites vegetales o en la limpieza).

El sector ABL depende de la energía para la transformación, así como para mantener la frescura y garantizar la seguridad de los alimentos. Los residuos sólidos provienen principalmente de los vertidos, las filtraciones, los derrames, los productos defectuosos o devueltos, las pérdidas inherentes, los materiales retenidos que no pueden evacuarse a la fase siguiente del proceso de transformación, y los restos depositados por calor.

Los principales contaminantes atmosféricos de los procesos ABL son el polvo y el olor. El mal olor es un problema local relacionado tanto con los procesos, como con el almacenamiento de materias primas, subproductos o residuos.

Procesos y técnicas aplicadas

Los procesos más utilizados en el sector ABL se agrupan en nueve categorías: recepción y preparación de materiales; reducción del tamaño, mezcla y conformado; técnicas de separación; tecnologías de transformación de productos; tratamiento por calor; concentración por calor; transformación por eliminación de calor; operaciones posteriores a la transformación; y procesos relacionados con equipo o servicios auxiliares.

El sector es un gran consumidor de agua como ingrediente, agente limpiador, medio de transporte e insumo para los sistemas auxiliares. Aproximadamente el 66 % del total del agua dulce utilizada tiene la calidad del agua potable. En algunos sectores, por ejemplo los productos lácteos y las bebidas, hasta el 98 % del agua dulce consumida tiene la calidad del agua potable.

Aproximadamente el 29 % de la energía total consumida en el sector se dedica al proceso de calentamiento, mientras que en torno al 16 % se emplea en los procesos de refrigeración y enfriamiento.

Existen numerosas técnicas agrupadas bajo los apartados de descripción, beneficios medioambientales logrados, efectos cruzados, datos de tipo operacional, aplicabilidad, aspectos económicos, factores que han impulsado la aplicación de la técnica, instalaciones de referencia y

documentación de referencia. La mayor parte de las técnicas tiene más de un efecto beneficioso en el medio ambiente, y algunas tienen efectos cruzados. Todas ellas abordan los principales problemas ambientales del sector como son la minimización del consumo de agua y de la contaminación, reducir el consumo de energía, y conseguir el máximo aprovechamiento de las materias primas con la consiguiente minimización de la producción de residuos.

Entre ellas se incluyen las prácticas operacionales como son por ejemplo los instrumentos de gestión, la formación, el diseño de equipos e instalaciones, el mantenimiento; la prevención y minimización del consumo de agua y energía, el control y minimización de residuos. Otras técnicas son más técnicas y se encaminan a la gestión de la producción, el control de procesos, y la selección de materiales. También existen técnicas específicas relacionadas con el almacenamiento de alimentos, que minimizan el consumo de energía en la refrigeración, la cantidad de residuos y los malos olores debidos a la descomposición de alimentos.

Las técnicas de final de proceso integradas permiten también minimizar las emisiones a la atmósfera y mejorar el tratamiento de las aguas residuales. Estas técnicas se caracterizan por estar pensadas para disminuir tanto las concentraciones como los flujos de contaminantes a partir de una operación o de un proceso.

Las mejores técnicas disponibles para paliar al máximo los problemas medioambientales, por ser beneficiosas para varios aspectos simultáneamente, adoptan varios enfoques para proteger el medio ambiente en su conjunto, desde técnicas sobre la gestión y el funcionamiento en general aplicables en todas las instalaciones ABL, al uso de tecnologías muy concretas. Unas mismas técnicas son aplicables para prevenir y controlar los consumos y emisiones (por ejemplo la limpieza en seco para minimizar el consumo de agua), otras pueden aplicarse a más de un problema medioambiental (por ejemplo el mantenimiento del equipo de refrigeración para evitar fugas de amoníaco, o el mantenimiento de la maquinaria de pelado del pescado para minimizar los residuos derivados de una eliminación no deseada de carne de pescado durante esta operación). Estas se pueden agrupar en las siguientes categorías:

Gestión ambiental

El empleo de sistemas de gestión contribuye a la minimización global de los niveles de consumo y emisiones al aportar métodos de trabajo que fomentan las buenas prácticas y aumentan la sensibilización. Estos se centran en aspectos como el desarrollo del sistema de gestión medioambiental, la formación, la utilización de un programa de mantenimiento planificado, la aplicación y mantenimiento de una metodología de prevención y minimización del consumo de agua, energía y residuos, y la puesta en práctica de un sistema de control y revisión de los niveles de consumo y emisión, tanto para los diferentes procesos de producción como al nivel de la instalación.

Medidas como transportar materias primas, productos, co-productos, sub-productos y residuos en seco, permiten reducir el consumo de agua y, por tanto, también la producción de aguas residuales y la contaminación. También se aumentan así las posibilidades de recuperación y reciclado de las sustancias generadas en el proceso que, en muchos casos, pueden venderse para la fabricación de piensos, reduciendo la producción de residuos.

Otro ejemplo aplicable a todo el sector es la separación de los productos y materiales resultantes para optimizar la utilización, la reutilización, la recuperación, el reciclado y la eliminación, y para minimizar la contaminación de las aguas residuales. Existen en el sector numerosos casos en los que las materias primas, los alimentos parcialmente transformados y los productos finales, pueden utilizarse para la alimentación animal, obteniendo así beneficios medioambientales y económicos.

Un método eficaz en la aplicación y el uso de controles de proceso a partir de técnicas analíticas de control y medida con objeto de reducir residuos de material y agua, así como la producción de aguas residuales durante el procesado y la limpieza. Un ejemplo de estas técnicas es la medición de la turbidez para controlar la calidad del agua utilizada en los procesos, y optimizar tanto la recuperación de los materiales y productos del agua como la reutilización del agua de limpieza.

Colaboración con actividades anteriores y posteriores

Las operaciones realizadas por quienes intervienen en el suministro de materias primas y otros ingredientes a las instalaciones de transformación del sector ABL, incluidos los agricultores y transportistas, pueden tener consecuencias medioambientales en esas instalaciones. De la misma manera, las instalaciones ABL pueden incidir en el impacto ambiental de otras instalaciones a las que suministren, incluidas las del propio sector. Al respecto, es necesario buscar la colaboración con los socios de las diferentes fases de la producción y transformación con el fin de crear una cadena de responsabilidad medioambiental, minimizar la contaminación y proteger el medio ambiente en su totalidad. Por ejemplo proporcionando materias frescas en el momento en que se necesitan, lo cual reduce al mínimo la energía necesaria para almacenarlos, así como los residuos y los malos olores debidos a su descomposición.

Limpieza de equipo e instalaciones

La aplicación de métodos eficaces de limpieza, minimiza el consumo de agua y la contaminación; la generación de residuos; el consumo de energía, y la cantidad y peligrosidad de los detergentes utilizados. La selección y el uso de agentes limpiadores y desinfectantes debe asegurar un control higiénico efectivo, pero teniendo debidamente en cuenta las repercusiones en el medio ambiente.

Al igual que otras técnicas, las aplicables a la limpieza reducen al mínimo el contacto entre el agua y los materiales ABL, por ejemplo, optimizando el uso de la limpieza en seco. Entre los beneficios ambientales que se obtienen cabe citar un menor consumo de agua y un menor volumen de aguas residuales; un menor arrastre de material a las aguas residuales y, por tanto, unos niveles más bajos de COD y BOD. El empleo de diversas técnicas de limpieza en seco aumenta las posibilidades de recuperación y reciclado de las sustancias generadas en los procesos, al mismo tiempo que disminuye el consumo de energía necesaria para calentar agua de limpieza, y el consumo de detergentes.

Otras metodologías de limpieza incluyen la limpieza in situ del equipo cerrado, minimizando el uso de ácido etilendiamino-tetraacético (EDTA) y evitando el uso de biocidas oxidantes halogenados.

Minimización de emisiones a la atmósfera

Deben aplicarse metodologías integradas en los procesos que minimicen las emisiones a la atmósfera y al agua a través de la selección y el uso de sustancias y técnicas. Por ejemplo, la utilización de la limpieza en seco, que disminuye el volumen de aguas residuales y el flujo de la masa de materiales alimenticios sólidos, así como las necesidades de tratamiento de aguas residuales. Otra medida integradora es aplicar una estrategia de control de emisiones a la atmósfera mediante la selección y el uso de sustancias para conseguir niveles de emisión para el polvo seco, para el polvo mojado/adherente y para el carbono orgánico total (COT) menores.

Tratamiento de aguas residuales

En cambio, las técnicas de tratamiento de aguas residuales abordan el tratamiento de emisiones típicas de las instalaciones ABL que presentan altos niveles de DBO, DQO, FOG, nitrógeno, y fósforo.

Descargas accidentales

Se enumeran varias mejoras técnicas disponibles referentes a la detección de posibles accidentes, la evaluación de riesgos, la aplicación de controles, la preparación y las pruebas de planes de emergencia, y el aprendizaje a partir de accidentes anteriores y perdidos.

La aplicación de métodos como la separación de los productos resultantes y la optimización del uso de la limpieza en seco, puede reducir significativamente el impacto medioambiental global de un proceso.

Las técnicas del sector de la carne y las aves se aplican a determinadas operaciones para reducir el consumo de agua y energía, así como la necesidad de envases.

Los principales beneficios medioambientales de las técnicas a emplear para el sector del pescado y el marisco se centran en una menor producción de residuos y un menor consumo de agua, aplicándose al descongelado, el desescamado, el pelado, la evisceración, y el fileteado del pescado.

Para el sector de las frutas y verduras, las técnicas cubren el almacenamiento, la separación en seco de las materias primas desechadas, la recogida de tierra, el pelado, el blanqueado, y la optimización de la reutilización del agua. Su aplicación maximiza el rendimiento productivo, ya que el material no utilizado en el producto principal se usa con otros fines (a menudo como alimento para animales, reduciendo también la generación de residuos).

En el sector de los aceites vegetales y grasas principalmente se trata de disminuir el consumo de energía y la recuperación del hexano utilizado durante la extracción. La mejor técnica es utilizar ciclones, reducir las emisiones de polvo húmedo procedentes de la extracción de aceites vegetales, y conseguir un nivel de emisión de polvo húmedo bajo.

En las fábricas de productos lácteos y producción de leche, leche en polvo, mantequilla, queso y helados, se busca optimizar los procesos y la limpieza en base al consumo de agua, el consumo de energía, y la prevención de residuos, especialmente mediante la reutilización del agua.

La minimización del consumo de energía en el sector del azúcar se consigue evitando el secado de la pulpa de remolacha azucarera si se encuentra una salida para la pulpa prensada, por ejemplo, como alimentación animal. En otros casos se trata de secar la pulpa de remolacha utilizando secadores de vapor o secadores de alta temperatura, combinando este método con medidas para disminuir las emisiones a la atmósfera.

En el caso del café las medidas deben encaminarse al consumo de energía y a las emisiones a la atmósfera (incluido el olor al tostar el café). Se minimiza las emisiones a la atmósfera mediante la selección y el uso de sustancias y la aplicación de técnicas de reducción.

El sector de las bebidas tiene que evitar la producción de CO₂ directamente a partir de combustibles fósiles, la recuperación de la levadura, la recogida de materiales de filtros gastados, y la selección y aprovechamiento óptimo de las máquinas de limpieza de botellas. En la producción de vino la reutilización de la solución alcalina empleada para la limpieza tras la estabilización en frío, de manera que se eviten trastornos en la planta de tratamiento de aguas residuales.

Unas de las técnicas más reciente se basa en la utilización de UV/ozono en la absorción, para la reducción de olores en el sector.

En definitiva, las acciones que mejoran estos sectores se centran en:

- descripciones de procesos, condiciones de funcionamiento, métodos analíticos y de muestreo, y presentaciones estadísticas de datos sobre niveles de consumo y emisión para la toma de decisiones
- otras posibilidades de aprovechamiento de sub-productos para minimizar la generación de residuos
- disminución del consumo de energía y de residuos, o de una disminución de pérdidas debidas a fugas o derrames no intencionados
- limpieza a alta, media y baja presión
- sustancias alternativas a la limpieza con ácido etilendiamino-tetraacético (EDTA)
- aplicación y aplicabilidad de las técnicas de reducción de la contaminación atmosférica
- aplicación del tratamiento de olores mediante plasma no térmico
- técnicas para evitar la descarga de alcohol condensado a las plantas de tratamiento de aguas residuales procedente de la producción de cerveza no alcohólica
- técnicas para extraer aceite de oliva, especialmente, en dos fases
- uso de la interestificación enzimática y el desengomado enzimático de los aceites vegetales
- desengomado de los aceites vegetales utilizando enzimas, ácido fosfórico y ácido cítrico
- minimizar las emisiones de NO_x procedentes de los tostaderos de café
- selección y uso de fumigantes.
- ósmosis inversa.

4.4. INDUSTRIA DE LA PASTA Y EL PAPEL

El papel es esencialmente una hoja hecha de fibras a la que se añaden varias sustancias químicas para modificar sus propiedades y su calidad. Además de fibras y sustancias químicas, la fabricación de papel requiere grandes cantidades de agua y energía en forma de vapor y electricidad. En consecuencia, los principales problemas medioambientales asociados a la producción de papel son las emisiones a las aguas, las emisiones atmosféricas y el consumo de energía.

La pasta papelera puede obtenerse a partir de fibra virgen por medios químicos o mecánicos o bien a partir de papel recuperado. Una fábrica de papel puede limitarse a reconstituir la pasta fabricada en otro lugar o integrarse con el proceso de desfibrado en el mismo establecimiento. Son instalaciones de una gran diversidad de productos y procesos, y con un alto grado de integración.

Las mejoras tecnologías para reducir la contaminación del sector deben ir de la mano de la planificación de una formación, educación y motivación del personal; de una optimización del control del proceso, y de un mantenimiento adecuado y suficiente. Es decir, es imprescindible que haya un sistema de gestión medioambiental que aumente la sensibilización del personal, y que incorpore todo lo necesario para disponer de un proceso eficaz y eficiente (objetivos, política, procedimientos e instrucciones de proceso y de trabajo, etc.).

Fabricación de pasta kraft

El proceso de fabricación de pasta al sulfato o proceso kraft es el más utilizado en todo el mundo, debido a las excelentes propiedades del producto y su aplicabilidad a todo tipo de maderas. Los

vertidos de aguas residuales, las emisiones atmosféricas (incluidos los gases fétidos), y el consumo de energía son sus principales problemas medioambientales, aunque también los residuos pueden llegar a serlo en algunos países. Las principales materias primas son recursos renovables (agua y madera) y los productos químicos que se utilizan en la cocción y en el blanqueado. Los contaminantes que predominan en las emisiones a las aguas son las sustancias orgánicas. Los efluentes de las plantas de blanqueado contienen compuestos organoclorados, que se miden en AOX. Algunos de los compuestos vertidos por las industrias papeleras son tóxicos para los organismos acuáticos. Las emisiones de sustancias coloreadas pueden perjudicar a los seres vivos que habitan en el medio receptor. Las emisiones de nutrientes (nitrógeno y fósforo) pueden contribuir a la eutrofización de las aguas receptoras. Las aguas residuales contienen metales extraídos de la madera en bajas concentraciones, pero la carga total puede ser importante debido al gran caudal de los vertidos. Gracias a la aplicación de medidas en el propio proceso, se ha logrado reducir notablemente la concentración de sustancias orgánicas cloradas y no cloradas en los vertidos de estas industrias.

Las técnicas empleadas para las fábricas de pasta kraft son las siguientes:

- descortezado de la madera en seco.
- aumento de la deslignificación previa a la planta de blanqueado, alargando o modificando la cocción y añadiendo etapas de oxigenación.
- lavado eficiente de la pasta de descarga y tamizado de la misma en un circuito cerrado.
- blanqueado sin cloro elemental (ECF) bajo en AOX, o totalmente sin cloro (TCF).
- reciclado de parte de las aguas básicamente alcalinas utilizadas en la planta de blanqueado.
- control, contención y recuperación eficaz de líquidos derramados.
- licuefacción y reutilización de los condensados de la planta de evaporación.
- instalación de una planta de evaporación de licor negro y una caldera de recuperación con capacidad suficiente para hacer frente a la carga adicional de licor y sólidos secos.
- recogida y reutilización de las aguas limpias del proceso de refrigeración.
- instalación de tanques de compensación con capacidad suficiente para almacenar los licores derramados en los procesos de cocción y recuperación y los condensados sucios, con el fin de evitar que se produzcan repentinos picos de carga y trastornos ocasionales en la planta externa de tratamiento de aguas residuales.

Otro problema de relevancia medioambiental de este sector son los gases de escape que se originan en diferentes fuentes, como la caldera de recuperación, el horno de cal, el horno de corteza, el almacén de astillas de madera, la lejiadora, el lavado de la pulpa, la planta de blanqueado, la preparación de los productos químicos de blanqueado, la evaporación, el tamizado, el lavado, la preparación del licor blanco y diversos tanques. Parte de estas emisiones son difusas en varias fases del proceso, mientras que las fuentes puntuales más importantes son la caldera de recuperación, el horno de cal y las calderas auxiliares. Los principales contaminantes son óxidos de nitrógeno, compuestos sulfúreos como el dióxido de azufre y compuestos sulfúreos reducidos de olor fétido. También se producen emisiones de partículas.

Para reducir las emisiones atmosféricas se emplean los siguientes procesos:

- recogida e incineración de los gases fétidos concentrados y control de las emisiones de SO₂ resultantes. Los gases fuertes pueden quemarse en la caldera de recuperación, en el horno de cal o en un horno independiente, bajo en emisiones de NO_x. Los gases de combustión de este último tienen una elevada concentración de SO₂ que se recupera con un depurador.
- recogida e incineración de los gases fétidos diluidos procedentes de diversas fuentes y se controlan las emisiones de SO₂ resultantes.
- las emisiones de azufre reducido total (TRS) se reducen aplicando medidas eficientes de control de la combustión y comprobando el contenido de CO.

- las emisiones de TRS del horno de cal se reducen controlando el exceso de oxígeno, utilizando combustible bajo en azufre y controlando el sodio soluble residual en el lodo de cal que se alimenta al horno.
- las emisiones de SO₂ de las calderas de recuperación se controlan quemando en ellas licor negro con una elevada concentración de sólidos secos o utilizando un sistema de depuración de los gases de combustión.
- favorecer la reducción de las emisiones de NO_x en la caldera de recuperación (asegurando la correcta mezcla y separación del aire en la caldera), en el horno de cal y en las calderas auxiliares mediante el control de las condiciones de cocción, y en instalaciones nuevas o modificadas, también mediante un diseño apropiado.
- las emisiones de SO₂ de las calderas auxiliares se reducen alimentándolas con corteza, gas, petróleo bajo en azufre o carbón, o controlando las emisiones de azufre con un depurador.
- reducir las emisiones de polvo, los gases de combustión generados por las calderas de recuperación, las calderas auxiliares (alimentadas con otros biocombustibles o combustibles fósiles) y el horno de cal por medio de precipitadores electrostáticos eficientes.

En el caso de la reducción de los residuos, se suele reducir al mínimo la producción de residuos sólidos y recuperar, reciclar y reutilizar estos materiales siempre que sea posible. La recogida selectiva y el almacenamiento intermedio de las distintas fracciones de residuos en origen pueden ser de gran utilidad para cumplir este objetivo. Si los residuos recogidos no pueden reutilizarse en el proceso, deben emplearse para un aprovechamiento externo como material sustitutivo o la incineración de la materia orgánica en calderas de diseño adecuado que permitan recuperar energía.

A fin de reducir el consumo y aumentar la producción interna de vapor y electricidad, pueden adoptarse varias medidas. En las papeleras no integradas dedicadas a la fabricación de pasta con sistemas energéticamente eficientes, la producción del licor negro y la incineración de la corteza generan calor más que suficiente para todo el proceso productivo. Sin embargo, en algunas ocasiones es necesario utilizar fuel-oil para poner en marcha el proceso y, en muchas fábricas, también en el horno de cal.

Fabricación de pasta al sulfito

La producción de pasta al sulfito es mucho menor que la de pasta kraft. En la fabricación de este tipo de pasta pueden utilizarse diferentes productos químicos, pero el sulfito de magnesio es el más importante en términos de capacidad y número de fábricas en Europa. En muchos aspectos, los procesos de fabricación al sulfato (kraft) y al sulfito son similares, sobre todo en lo que respecta a la posibilidad de aplicar distintas medidas internas y externas para reducir las emisiones al medio ambiente. Desde el punto de vista medioambiental, las diferencias más importantes entre ambos procesos radican en los productos químicos utilizados en el proceso de cocción, en el sistema de preparación y recuperación de productos químicos, y en que la pasta al sulfito es más fácil de blanquear, debido a su mayor brillo inicial. Al igual que en el proceso kraft, también las aguas residuales y las emisiones atmosféricas son los problemas medioambientales más importantes del proceso de fabricación al sulfito. Las principales materias primas son recursos renovables (madera y agua) y los productos químicos que se utilizan en la cocción y en el blanqueado. Los contaminantes que predominan en las emisiones a las aguas son las sustancias orgánicas. Algunos de los compuestos vertidos por las industrias papeleras son tóxicos para los organismos acuáticos. Las emisiones de sustancias coloreadas pueden perjudicar a los seres vivos que habitan en el medio receptor. Las emisiones de nutrientes (nitrógeno y fósforo) pueden contribuir a la eutrofización de las aguas receptoras. Las aguas residuales contienen metales extraídos de la madera en bajas concentraciones, pero la carga total puede ser importante debido al gran caudal de los vertidos. En

el proceso de blanqueado de la pasta al sulfito suele evitarse el uso de productos químicos clorados, es decir, se aplica el proceso de blanqueado totalmente sin cloro (TCF). Por lo tanto, las aguas residuales de la planta de blanqueado no contienen cantidades importantes de compuestos organoclorados.

Los procesos técnicos disponibles para las fábricas de pasta al sulfito son las siguientes:

- descortezado de la madera en seco.
- aumento de la deslignificación previa a la planta de blanqueado, alargando o modificando la cocción.
- lavado eficiente de la pasta de descarga y tamizado de la misma en un circuito cerrado.
- control, contención y recuperación eficaz de líquidos derramados.
- cierre de la planta de blanqueado si se utilizan procesos de cocción a base de sodio.
- blanqueado totalmente sin cloro (TCF).
- neutralización del licor diluido antes de la fase de evaporación mediante la reutilización de la mayor parte del condensado del proceso o mediante tratamiento anaeróbico.
- tanques intermedios de almacenamiento de capacidad suficiente para las aguas residuales provenientes de los licores de cocción y recuperación, y de los condensados sucios.

Con respecto a los gases de escape que se originan en diferentes fuentes, como la caldera de recuperación y el horno de corteza, los principales contaminantes emitidos son dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y polvo.

La reducción de las emisiones atmosféricas son las siguientes:

- recogida de las emisiones concentradas de SO_2 y recuperación de las mismas en tanques con distintos niveles de presión.
- recogida de las emisiones difusas de SO_2 generadas en diversas fuentes e introducción de las mismas en la caldera de recuperación como aire de proceso.
- control de las emisiones de SO_2 en las calderas de recuperación mediante precipitadores electrostáticos y sistemas de depuración de los gases de combustión en varias fases, junto con la recogida y depuración de las emisiones de varios respiraderos.
- reducción de las emisiones de SO_2 de las calderas auxiliares alimentándolas con corteza, gas, petróleo bajo en azufre o carbón, o controlando las emisiones de azufre.
- reducción de los gases fétidos mediante sistemas de recogida eficientes.
- reducción de las emisiones de NO_x de las calderas de recuperación y calderas auxiliares controlando las condiciones de cocción.
- depuración de los gases de combustión de las calderas auxiliares mediante precipitadores electrostáticos eficientes para reducir las emisiones de polvo.
- incineración de los residuos con recuperación de energía y optimización de las emisiones.

En el caso de la reducción de los residuos, se utilizan los mismos procesos que en el caso de la pasta Kraft mencionados anteriormente.

Fabricación de pasta mecánica y quimio-mecánica

En la fabricación de pasta mecánica, las fibras de la madera se separan aplicando energía mecánica. El objetivo es mantener la parte principal de la lignina a fin de conseguir un alto rendimiento con unas propiedades de resistencia y brillo aceptables. Hay que distinguir dos procesos principales: la trituración de la madera (los troncos se astillan al pasar por una muela giratoria mientras se mojan con agua) y el refinado de la pasta mecánica (las astillas se desfibran al pasar entre unos discos refinadores). Las características de la pasta pueden modificarse aumentando la temperatura de

proceso y aplicando un tratamiento químico a la madera para reblandecerla antes de pasar a la fase de refinado. Este proceso se denomina quimio-termomecánico (CTMP).

En este proceso, los problemas medioambientales más importantes son las aguas residuales y el consumo de electricidad de los motores que impulsan las muelas trituradoras o refinadoras. Las principales materias primas son recursos renovables (agua y madera) y algunos productos químicos que se utilizan en el blanqueado y en el pre-tratamiento químico de las astillas. Durante la fabricación de papel se aplican diversos aditivos para facilitar el proceso y mejorar las propiedades del producto resultante (auxiliares del papel). Los contaminantes que predominan en las emisiones a las aguas son sustancias orgánicas disueltas o dispersas en la fase acuosa. Estas emisiones aumentan notablemente si se utilizan una o dos etapas de aplicación de peróxidos alcalinos para blanquear la pasta mecánica. El blanqueado a base de peróxidos produce necesidades adicionales de DQO, previas al tratamiento, de unos treinta kilos de oxígeno por tonelada secada al aire. Algunos de los compuestos vertidos por las industrias papeleras son tóxicos para los organismos acuáticos. Las emisiones de nutrientes (nitrógeno y fósforo) pueden contribuir a la eutrofización de las aguas receptoras. Las aguas residuales contienen metales extraídos de la madera en bajas concentraciones, pero la carga total puede ser importante debido al gran caudal de los vertidos.

Los procesos que se emplean para las fábricas de pasta mecánica son los siguientes:

- descortezado de la madera en seco.
- máxima reducción de las pérdidas que generan los rechazos mediante procesos eficientes de manipulación de los mismos.
- recirculación del agua en la nave de fabricación de pasta mecánica.
- separación efectiva de los circuitos de agua para pasta y papel por medio de espesantes.
- circuito de aguas blancas a contracorriente desde la fábrica de papel hasta la fábrica de pasta, en función del grado de integración.
- instalación de tanques de compensación con capacidad suficiente para almacenar las aguas residuales concentradas procedentes del proceso (principalmente en el caso del CTMP).
- tratamiento primario y biológico de los efluentes y, en algunos casos, también floculación o precipitación química.
- tratamiento aeróbico y anaeróbico de las aguas residuales.
- evaporación de las aguas residuales más contaminadas y la cocción del concentrado, más el tratamiento del resto con lodos activados.

Las emisiones atmosféricas en este sector proceden principalmente de la generación de calor y electricidad en calderas auxiliares. También se generan emisiones de carbonos orgánicos volátiles (COV) en los almacenes de astillas de madera, y en los sistemas que extraen el aire de las tinas de lavado de las astillas y de otras tinas, y condensados que forman parte del sistema de recuperación de vapor de los refinadores, contaminados por los componentes volátiles de la madera. Parte de estas emisiones son difusas en varias fases del proceso. Para reducirlas se utilizan sistemas de recuperación de calor de los refinadores y la supresión de las emisiones de COV con el vapor contaminado. Aparte de las emisiones de COV, la fabricación de pasta mecánica genera emisiones atmosféricas que no están relacionadas con el proceso, sino que están originadas por la producción de energía en la fábrica, ya que para generar calor y electricidad se queman distintos tipos de combustibles fósiles o residuos de la madera como la corteza.

En el caso de los residuos, las medidas a adoptar son las mismas que hemos descrito para los otros procesos de fabricación de papel.

Reciclado de fibra

La fibra usada se ha convertido en una materia prima indispensable para el sector de fabricación de papel, porque su precio es muy competitivo con respecto al de la pasta virgen, y porque muchos países europeos han fomentado el reciclado de papel recuperado. Los sistemas de transformación de papel recuperado varían en función de la clase de papel que se desea producir (papel de embalaje, papel de periódico, “testliner”, papel de seda, ...), y del tipo de composición utilizado. En general, los procesos de reciclado de fibra pueden dividirse en dos categorías principales:

- procesos con limpieza exclusivamente mecánica, es decir, sin destintado. Comprenden productos como el papel para caras con revestimiento kraft conocido como “testliner”, papel para ondular, cartón para embalajes y cartón para envases de consumo.
- procesos con fase mecánica y fase química, es decir, con destintado. Comprenden productos como el papel de periódico, el papel de seda, el papel de impresión y copia, el papel para revistas (supercalandrado o estucado de bajo gramaje), algunas clases de cartón para envases, o pasta destintada comercial.

Las materias primas que se utilizan en la producción de papel a base de fibra reciclada son principalmente papel recuperado, agua, aditivos químicos y energía en forma de vapor y electricidad. Las aguas de proceso y refrigeración se utilizan en grandes cantidades. Durante la fabricación del papel se aplican diversos aditivos para facilitar el proceso y mejorar las propiedades del producto resultante (auxiliares del papel).

Los problemas medioambientales de las fábricas de papel reciclado son básicamente las emisiones a las aguas, los residuos sólidos (especialmente si se aplica el proceso de destintado, como en las fábricas de papel de seda) y las emisiones atmosféricas. Estas últimas están relacionadas principalmente con la producción de energía por medio de centrales eléctricas alimentadas con combustibles fósiles. La mayoría de los procesos de reciclado de papel usado están integrados en la fábrica de papel.

Las técnicas disponibles para las fábricas de papel reciclado son las siguientes:

- separación de las aguas menos contaminadas de las más contaminadas y reciclado de las aguas de proceso.
- optimización de la gestión del agua (distribución de los circuitos de agua), clarificación del agua por sedimentación, técnicas de flotación o filtración y reciclado de las aguas de proceso para diferentes usos.
- estricta separación de los circuitos de agua y flujo a contracorriente de las aguas de proceso.
- producción de agua clarificada para las plantas de destintado (flotación).
- instalación de una pileta de compensación y tratamiento primario.
- tratamiento biológico de las aguas residuales. Una opción eficaz para las calidades destintadas (y, según las condiciones, también para las no destintadas) es el tratamiento biológico aeróbico y, en algunos casos, la floculación y la precipitación química. La opción preferible para las calidades no destintadas es el tratamiento mecánico con tratamiento biológico anaeróbico/aeróbico posterior. Estas fábricas suelen tener que tratar aguas residuales más concentradas debido a que sus circuitos de agua son más cerrados.
- reciclado parcial de las aguas sometidas a tratamiento biológico. Las posibilidades de reciclado dependen de las clases concretas de papel que se fabrican. En el caso del papel destintado es la mejor técnica disponible, pero suele precisar una fase de abrillantado adicional (tratamiento terciario).
- tratamiento de los circuitos de agua internos.
- tratamiento en la depuradora municipal, si ésta es apropiada para tratar los vertidos de las industrias papeleras.

Las emisiones atmosféricas de las fábricas de papel reciclado proceden principalmente de las plantas instaladas para la producción de calor y, en algunos casos, para la cogeneración de

electricidad. Por lo tanto, el ahorro de energía lleva aparejada la reducción de las emisiones atmosféricas. Las centrales eléctricas suelen ser calderas normales y pueden tratarse como cualquier otra instalación de este tipo. Para reducir el consumo de energía y las emisiones atmosféricas, se emplea la cogeneración de calor y electricidad, la mejora de las calderas existentes, la instalación de sistemas con menor consumo de energía.

En el caso de los residuos, las mismas medidas ya descritas en los apartados anteriores. Una forma de reducir los residuos sólidos puede ser optimizar la recuperación de fibra modernizando las plantas de preparación de la pasta húmeda, optimizando el número de fases de limpieza en dicha preparación, y aplicando el proceso de flotación del aire disuelto como tratamiento de los circuitos de agua en línea para recuperar fibras y rellenos y clarificar las aguas de proceso. Hay que establecer un equilibrio entre la limpieza de la pasta, las pérdidas de fibra y los costes y necesidades de energía, que suele depender de las clases de papel. Otra manera es reducir las cantidades de residuos que se depositan en los vertederos mediante un sistema eficiente de manipulación de rechazos y lodos en fábrica para obtener mayor proporción de sólidos secos (deshidratación) y su posterior incineración con recuperación de energía. La ceniza obtenida puede utilizarse como materia prima en el sector de la construcción.

Fabricación de papel sin fabricar la pasta (papeleras integradas)

El proceso de fabricación de papel dentro de las papeleras integradas es mucho más complejo en sus aspectos técnicos. El papel se hace con fibras, agua y aditivos químicos. Además, se necesita mucha energía para llevar a cabo todo el proceso. Los diversos motores y el proceso de refinado de la pasta consumen corriente eléctrica. Se necesita calor para caldear el aire, el agua y otros licores, para evaporar el agua en el secador de la máquina de papel y para transformar el vapor en energía eléctrica (en el caso de la cogeneración). Las aguas de proceso y refrigeración se utilizan en grandes cantidades. Durante la fabricación de papel se aplican diversos aditivos para facilitar el proceso y mejorar las propiedades del producto resultante (auxiliares del papel).

Los problemas medioambientales más importantes de las industrias papeleras integradas son las emisiones a las aguas y el consumo de energía y productos químicos. También se generan residuos sólidos.

Las emisiones atmosféricas se deben principalmente a la producción de energía en centrales eléctricas alimentadas con combustibles fósiles.

Los mejores procesos para reducir las emisiones a las aguas son las siguientes:

- reducir al mínimo el consumo de agua para distintas clases de papel mediante un mayor reciclado de las aguas de proceso y un sistema de gestión del agua.
- controlar las desventajas que pueden derivarse del cierre de los circuitos de agua.
- construir un sistema equilibrado de almacenamiento de aguas blancas, filtrado (transparente) y papel con taras y, siempre que sea posible, utilizar montajes, diseños y máquinas con un consumo de agua reducido. Esto suele hacerse en el momento de cambiar o reformar máquinas o componentes.
- aplicar medidas para reducir la frecuencia y los efectos de los vertidos accidentales.
- recoger y reutilizar las aguas limpias de refrigeración y estanquidad, o separar los vertidos.
- separar el pre-tratamiento de las aguas residuales generadas por el proceso de estucado.
- sustituir las sustancias potencialmente nocivas por otras menos perjudiciales.
- tratar los vertidos de aguas residuales por medio de una pileta de compensación.
- disponer de tratamiento primario, de tratamiento secundario biológico y, en algunos casos, de tratamiento secundario químico por precipitación o floculación de las aguas residuales. Si sólo se

aplica el tratamiento químico, los vertidos de DQO serán algo mayores, aunque constituidos principalmente por materia fácilmente degradable.

- tratamiento común de las aguas residuales de una fábrica o de un consorcio de ellas en la depuradora municipal, si ésta es apropiada para tratar los vertidos de las industrias papeleras.

Las emisiones atmosféricas de las papeleras no integradas proceden principalmente de las calderas de vapor y de las centrales eléctricas. Estas últimas suelen ser calderas normales y no se diferencian de otras instalaciones de combustión. Se presupone que se regulan igual que cualquier otra caldera auxiliar de idéntica capacidad (véase más adelante).

En el caso de los residuos, además de los procesos ya descritos en los otros apartados, se emplea la reducción de las pérdidas de fibra y relleno, la aplicación de una fase de ultrafiltración para recuperar las aguas residuales del proceso de estucado (sólo en el caso de calidades estucadas) la deshidratación eficiente de los residuos y lodos para obtener una mayor proporción de sólidos secos, la reducción de las cantidades de residuos que se envían al vertedero mediante opciones de valorización y de reciclado o incineración de los residuos con recuperación de energía, la utilización de tecnologías energéticamente eficientes.

Para el ahorro de energía se requieren inversiones para cambiar, reformar o modernizar los equipos. Las cuestiones más importantes a tener en cuenta a la hora de realizar una inversión son la eficiencia de la producción, la mejora de la calidad del producto y la reducción de los costes generales. Se puede ahorrar energía instalando un sistema para controlar el consumo y el rendimiento, y aplicando tecnologías de prensado con anchas líneas de tangencia para lograr una deshidratación más eficaz de las bobinas en la sección de prensas de la máquina de papel. También son utilizadas medidas tales como un desfibrado de gran consistencia, un refinado energéticamente eficiente, la formación de dobles telas, sistemas de vacío optimizados, motores de velocidad ajustable para bombas y ventiladores, motores eléctricos de alta eficiencia y de la potencia adecuada, sistemas para recuperar el condensado de vapor, técnicas para aumentar los sólidos en la prensa encoladora o sistemas para recuperar el calor del aire de escape. El consumo directo de vapor puede reducirse realizando una correcta integración del proceso mediante un análisis "Pinch".

Calderas auxiliares

En función del balance energético real de la papelera, del tipo de combustibles externos que se utilicen, y del destino de posibles biocombustibles como la corteza y los residuos de la madera, hay que considerar las emisiones atmosféricas de las calderas auxiliares. Las industrias que fabrican pasta a partir de fibra virgen suelen utilizar calderas de corteza. En las fábricas de papel no integradas y en las fábricas de papel reciclado, las emisiones proceden principalmente de las calderas de vapor y de las centrales eléctricas. Éstas suelen ser calderas normales y no se diferencian de otras plantas de combustión.

Los procesos utilizados para las calderas auxiliares son los siguientes:

- cogeneración de calor y electricidad si la relación entre ambos tipos de energía lo permite.
- reducción de las emisiones de CO₂ fósil alimentando las calderas con recursos renovables, como la madera o los residuos de ésta que puedan producirse.
- reducción de las emisiones de NO_x controlando las condiciones de cocción de las calderas auxiliares e instalando quemadores especiales.
- reducción de las emisiones de SO₂, alimentando las calderas con corteza, gases o combustibles bajos en azufre, o controlando las emisiones de azufre.

- en las calderas auxiliares que se alimentan con combustibles sólidos, se elimina el polvo por medio de precipitadores electrostáticos eficientes (o filtros de mangas).
- reducción del contenido en azufre inyectando carbonato cálcico.
- la reducción selectiva no catalítica (SNCR) en grandes instalaciones.
- técnicas de combustión.

Uso de productos químicos y aditivos

En la industria papelera se utilizan muchos productos químicos en función de la clase de papel que se fabrica, del diseño y funcionamiento del proceso y de las calidades de los productos que se desea obtener. Por una parte hacen falta productos químicos para fabricar la pasta papelera, mientras por otra se utilizan aditivos y auxiliares químicos en la producción de papel. Los aditivos químicos se utilizan para dotar al papel de diversas características, mientras que los auxiliares químicos tienen por objeto aumentar la eficiencia y reducir las interrupciones del proceso productivo. La disponibilidad de una base de datos que incluya todos los productos químicos y aditivos utilizados y la aplicación del principio de sustitución, es decir, que se utilizan productos menos peligrosos si se dispone de ellos. También deben aplicarse medidas para evitar vertidos accidentales en el suelo y en las aguas como consecuencia de la manipulación y almacenamiento de productos químicos.

4.5. Industria de las Refinerías de Petróleo

La industria de la refinería de petróleo y de gas natural es muy importante y posee un gran valor estratégico. Sólo las refinerías de petróleo satisfacen el 42% de la demanda de energía de la UE y proporcionan el 95% de los combustibles necesarios para el transporte. Estas instalaciones están muy repartidas por toda la geografía europea y generalmente se encuentran en puntos cercanos a la costa.

Procesos de refino

De forma general, las instalaciones de refino son grandes y están completamente integradas. Las refinerías son centros industriales que manipulan enormes cantidades de materias primas y productos, y además tienen un consumo intensivo de energía y agua. En los procesos de almacenamiento y refino, las refinerías generan emisiones a la atmósfera, el agua y el suelo, hasta el punto de que la gestión ambiental se ha convertido en un factor importante de su actividad. Los principales contaminantes generados por ambos sectores son los óxidos de carbono, nitrógeno y azufre; partículas (procedentes sobre todo de los procesos de combustión), y compuestos orgánicos volátiles (COV). En una refinería se consumen grandes cantidades de agua, ya sea con fines de proceso o de refrigeración, que se contamina con productos derivados del petróleo. Los principales contaminantes del agua son los hidrocarburos, sulfuros, amoníaco y algunos metales. Teniendo en cuenta la enorme cantidad de materia prima que procesan, las refinerías no generan cantidades significativas de residuos, que principalmente consisten en lodos, desechos no específicos (basuras, residuos de derribo, etc.), y productos químicos agotados (por ejemplo ácidos, aminos, catalizadores).

El principal foco de contaminación de las refinerías de petróleo y, en menor medida, de las plantas de gas natural son las emisiones a la atmósfera (por el número de puntos de emisión y las toneladas emitidas). Por cada millón de toneladas de crudo procesadas una refinería emite 20.000-82.000 Tn de dióxido de carbono, 60-700 Tn de óxidos de nitrógeno, 10-3.000 Tn de partículas, 30-6.000 Tm de óxidos de azufre, y 50-6.000 Tn de compuestos orgánicos volátiles. Por cada millón de toneladas de

crudo refinadas, se generan 0,1-5 millones de toneladas de agua residual y 10-2.000 toneladas de residuos sólidos. Estas enormes diferencias en las emisiones se pueden explicar parcialmente por las diferencias en cuanto a integración y tipos de refinerías (simples o complejas), así como las distintas legislaciones existentes en materia ambiental.

En vista de los progresos existentes en la reducción de las emisiones de azufre a la atmósfera, las refinerías están empezando a preocuparse más de los COV (incluidos los malos olores), las partículas (tamaño y composición), y el NO_x.

Las técnicas de tratamiento del agua residual de las refinerías ya son técnicas maduras, por lo que ahora se hace más hincapié en la prevención y la reducción. La reducción del consumo de agua y/o de la concentración de contaminantes en el agua puede contribuir a la reducción de la emisión final de contaminantes.

La técnicas que se utilizan en el desarrollo de la actividad/proceso de producción y prevención de gases y aguas residuales y residuos sólidos son la alquilación, la producción de aceite de base, la producción de alquitrán, la desintegración catalítica, el reformado catalítico, los procesos de coquización, el enfriamiento, la desalinización, los sistemas de energía, la eterificación, los procesos de separación de gas, los procesos consumidores de hidrógeno, la producción de hidrógeno, la gestión integrada de la refinería, la isomerización, las plantas de gas natural, la polimerización, las unidades de destilación primaria, el tratamiento de productos, el almacenamiento y manipulación de materiales de refinería, la desviscosificación, el tratamiento del gas y agua residual, y la gestión de residuos.

Todas ellas tratan de incidir en los aspectos ambientales clave que son:

- aumentar el rendimiento energético

Consiste en aumentar la eficiencia energética, lo que comportaría sobre todo el beneficio de reducir las emisiones de todos los contaminantes atmosféricos. Para ello se debe actuar en dos frentes, aumentar la eficiencia energética de los diversos procesos/actividades, y mejorar la integración energética en toda la refinería.

- reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno

Las emisiones de NO_x de las refinerías también se debe analizar bajo dos perspectivas diferentes, una que entiende la refinería como un todo, y otra basada en los procesos/actividades específicos, particularmente el sistema energético (hornos, calderas, turbinas de gas) y los regeneradores del desintegrador catalítico, el principal foco de emisiones.

- reducir las emisiones de óxidos de azufre

Normalmente estas emisiones se generan en el sistema energético (a partir de los combustibles que contienen compuestos de azufre), en los regeneradores del desintegrador catalítico, en la producción de alquitrán, en los procesos de coquización, en el tratamiento de aminas, en las unidades de recuperación de azufre, y en las antorchas. Una dificultad añadida en este caso es que los productos fabricados en la refinería contienen azufre, por lo que es necesario realizar un balance del azufre dentro del sistema de gestión ambiental.

- reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles

Las emisiones de COV de las refinerías se consideran un problema global ya que se trata de emisiones fugitivas con un punto de origen no identificado. No obstante, se debe cuantificar las emisiones COV.

- reducir la contaminación del agua

Gestión global del agua y del agua residual en las refinerías relacionadas con la posibilidad de reciclar y reutilizar el agua residual de los procesos.

4.6. Industria de Tratamiento de Residuos

En la evaluación completa del ciclo de vida de un residuo deben analizarse todos los eslabones de la cadena de residuos, así como el impacto ambiental del producto o residuo final (por ejemplo la minimización en origen de la cantidad o toxicidad de los residuos producidos en instalaciones industriales). La gestión de residuos incluye también la toma de decisiones estratégicas sobre el tipo de residuos que van a someterse a cada tratamiento, proceso u opción disponibles o sobre el tratamiento que va a aplicarse a ese tipo de residuos según las opciones que estén disponibles en cada caso

El sector de los residuos está muy regulado en la Unión Europea. Las instalaciones de tratamiento de residuos realizan operaciones de recuperación o eliminación de residuos y se considera que prestan un servicio a la sociedad al ocuparse de sus residuos y al generar, en ocasiones, productos derivados de ese tratamiento.

Técnicas y procesos

En este sector de los residuos se desarrollan las siguientes:

- las técnicas comúnmente aplicadas, tales como la gestión general de las instalaciones, la recepción, aceptación y rastreabilidad de los residuos, el aseguramiento de la calidad, el almacenamiento y la manipulación, y los sistemas de energía.
- tratamientos biológicos tales como la digestión anaerobia y aerobia, y el biotratamiento del suelo fuera del emplazamiento.
- los tratamientos fisicoquímicos aplicados a aguas residuales, residuos sólidos y lodos.
- la recuperación de materiales de los residuos, por ejemplo la regeneración de ácidos y bases, catalizadores, carbón activo, disolventes, resinas o aceites usados.
- la preparación de combustibles sólidos o líquidos a partir de residuos peligrosos y no peligrosos.
- los tratamientos de reducción de emisiones aplicados al aire, las aguas residuales y los desechos generados en las instalaciones de tratamiento de residuos.

Los problemas ambientales más importantes relativos al sector del tratamiento de residuos son las emisiones al aire y vertidos al agua, los residuos, y la contaminación del suelo. No obstante, debido a la gran variedad de tratamientos y tipos de residuos, no todos los tipos de tratamientos generan el mismo tipo de emisiones. Por ejemplo, las emisiones del tratamiento fisicoquímico de aguas residuales se refieren principalmente a las aguas residuales, y la regeneración del carbón activo produce sobre todo emisiones al aire.

Gestión ambiental

En este apartado se trata de desarrollar un sistemas de gestión ambiental, de comunicar todos los detalles de las actividades realizadas en el emplazamiento, de aplicar un procedimiento de mantenimiento y gestión adecuado, de mantener una estrecha relación con el productor de residuos y el cliente, de disponer de personal cualificado, de conocer el tipo de residuos que recibe la instalación, el aplicar un procedimiento de aceptación previa, el aplicar distintos procedimientos de toma de muestras, de disponer de una instalación de recepción de residuos, de rastrear el tratamiento de residuos, de disponer de normas de mezclado/combinación, disponer de procedimientos de separación y compatibilidad, lograr una eficacia del tratamiento de residuos, de

disponer de un plan de gestión de accidentes y control diario, y de disponer de planes de gestión del ruido y las vibraciones.

Para la gestión de la energía y materias primas es necesario que se conozca el consumo y la generación de energía, que se trate de trabajar con eficiencia energética, para lo que se debe realizar un ejercicio interno de análisis comparativo, y debe tratar de emplearse los residuos generados como materia prima.

Almacenamiento y manipulación

En este aspecto se emplean técnicas genéricas de almacenamiento, sistemas de contención, se usan etiquetas en las tuberías, se analiza el almacenamiento/acumulación de los residuos, técnicas genéricas de manipulación, técnicas de agrupación/mezclado de residuos envasados, una guía de separación de residuos para su almacenamiento, se usan técnicas para manipular residuos en contenedores, se utilizan sistemas de ventilación mediante extractores (durante las operaciones de trituración, fragmentación y tamizado), se realizan operaciones de trituración y fragmentación de residuos especiales en áreas completamente cerradas, y se emplean procesos de lavado

Gestión de las emisiones atmosféricas

En este caso se restringe el uso de tanques, contenedores y pozos abiertos; se utilizan sistemas cerrados con extracción hacia instalaciones adecuadas de reducción de las emisiones atmosféricas, así como sistemas de extracción adecuadamente dimensionados para cubrir algunas zonas de almacenamiento y tratamiento, se debe adecuar el funcionamiento y mantenimiento del equipo de reducción de las emisiones atmosféricas, se usan sistemas de depuración de las principales emisiones de gases inorgánicos, deben disponer de sistemas de detección de fugas y procedimientos de reparación, y deben reducirse las emisiones al aire de compuestos orgánicos volátiles y partículas.

Gestión de las aguas residuales

En este caso se debe reducir el uso y la contaminación del agua, utilizar especificaciones de efluentes idóneos para el sistema de tratamiento de efluentes *in situ* o criterios de vertido, todos los efluentes deben pasar por los sistemas de la instalación de tratamiento, deben existir sistemas colectores de aguas residuales, deben separarse las aguas residuales, debe haber suelo de hormigón en todas las zonas de tratamiento, debe haber sistemas colectores del agua de lluvia, debe reutilizarse las aguas residuales tratadas y las aguas de lluvia, hay que realizar inspecciones diarias y registradas del sistema de gestión de efluentes, se deben identificar los principales componentes peligrosos de los efluentes tratados, seleccionar el tratamiento adecuado para cada tipo de aguas residuales, aumentar la fiabilidad del control y las técnicas de reducción de la contaminación de las aguas residuales, determinar los principales componentes de las aguas residuales tratadas, controlar el vertido de las aguas residuales, y deben cumplirse los niveles de emisión asociados a la aplicación de las técnicas con respecto a la demanda química de oxígeno, a la demanda biológica de oxígeno y a los metales pesados.

Gestión de los desechos generados en la instalación

Debe existir un plan de gestión de los desechos generados en la instalación, debe utilizarse envases reutilizables, reutilizar los bidones, llevar un inventario de los residuos *in situ*, reutilizar los residuos.

La contaminación del suelo se puede mejorar y/o evitar pavimentando y manteniendo el pavimento de las zonas operativas, utilizar un suelo impermeable y con drenaje, y minimizar los equipos subterráneos y de la instalación.

Tratamientos biológicos

Deben disponer de un almacenamiento y manipulación en sistemas biológicos; conocer los tipos de residuos y procesos de separación; desarrollar técnicas para la digestión anaerobia; reducir las emisiones al aire de partículas, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y compuestos orgánicos volátiles cuando se utiliza biogás como combustible; emplear técnicas para los tratamientos biológicos mecánicos; reducir las emisiones de olores, amoníaco, óxido nitroso y mercurio generadas por los tratamientos biológicos mecánicos; y reducir los vertidos al agua de nitrógeno total, amoníaco, nitrato y nitrito.

Tratamientos fisicoquímicos de las aguas residuales

Emplear técnicas aplicadas en los reactores fisicoquímicos, determinar los parámetros adicionales con respecto a las aguas residuales, usar procesos de neutralización, emplear la precipitación de los metales, utilizar la ruptura de emulsiones, usar procesos de oxidación/reducción, trabajar con aguas residuales que contienen cianuros, con aguas residuales que contienen compuestos de cromo (VI), con aguas residuales que contienen nitritos, con aguas residuales que contienen amoníaco, emplear sistemas de reducción de las emisiones a la atmósfera durante los proceso de filtrado y separación del agua, utilizar procesos de floculación y evaporación, i disponer de procedimientos de limpieza en el proceso de tamizado.

Para el tratamiento fisicoquímico de residuos sólidos se emplea la insolubilización de metales anfóteros, la lixiviación de compuestos inorgánicos, se restringe la aceptación de los residuos que vayan a tratarse por solidificación/inmovilización, se emplean sistemas cerrados y sistemas de reducción de emisiones durante las operaciones de carga y descarga, y se deben destinar los residuos sólidos a vertederos.

Para el tratamiento fisicoquímico de suelos contaminados se emplea el control de las excavaciones, la determinación de la idoneidad de los procesos que vayan a aplicarse, debe disponerse de un equipo de recogida y control, y debe lograrse una eficiencia conseguida durante los procesos.

Regeneración de aceites usados

En estos casos hay que disponer de un control en la recepción de materiales, comprobar los disolventes clorados y los policlorobifenilos, emplear la condensación como tratamiento para la fase gaseosa de las unidades de destilación súbita, reducir las emisiones durante la carga y descarga de vehículos, utilizar una combinación de diferentes sistemas de reducción de emisiones en presencia de especies cloradas, usar la oxidación térmica, los sistemas de vacío, utilizar los desechos de la destilación al vacío o de los evaporadores de película fina, emplear procesos de regeneración de aceites usados eficientes, y controlar los valores de emisión de hidrocarburos y fenoles presentes en las aguas residuales.

En el caso de la regeneración de disolventes usados es necesario llevar un control en la recepción de materiales, y utilizar el proceso de evaporación del desecho.

En el caso de la regeneración de catalizadores, se debe emplear filtros de bolsa y utilizar sistemas de reducción de las emisiones de óxidos de azufre.

Regeneración del carbón activado usado

En este caso se emplean procedimientos de control de calidad, se debe analizar el origen del carbón activo usado, se emplean hornos para el tratamiento de carbones industriales, se utilizan los postquemadores para la regeneración de carbones industriales y de carbones activados de grado alimentario y potabilizadores de agua, se emplean también los trenes de tratamiento de los gases de combustión, sistemas de depuración, e instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

Preparación de los residuos para su uso como combustible

En este caso es necesario comunicar la información sobre los residuos que componen el combustible, emplear sistemas de aseguramiento de la calidad, utilizar la fabricación de diferentes tipos de combustibles a partir de residuos, realizar tratamientos de aguas residuales, y planificar aspectos relativos a la seguridad.

Preparación de combustible sólido a partir de residuos no peligrosos

Debe realizarse una inspección visual de los residuos que entran a la instalación, deben emplearse separadores magnéticos de metales féreos y no féreos, utilizar técnicas de infrarrojos cercanos, y debe prepararse el combustible a base de residuos en unas dimensiones adecuadas.

Preparación de combustible sólido a partir de residuos peligrosos

En este caso se emplean operaciones de secado o calentamiento, operaciones de mezclado y combinación, reducción de las emisiones de partículas, operaciones de preparación de combustible líquido homogéneo a partir de residuos peligrosos, y se emplean intercambiadores de calor externos al contenedor.

4.7. Industria Textil

El sector textil constituye una de las cadenas industriales más largas y complicadas. Se trata de un sector fragmentado y heterogéneo en el que predominan las PYME y cuya demanda tiene su origen sobre todo en tres usos finales: confección, ropa de hogar y aplicaciones industriales. El sector textil consta de numerosos subsectores que abarcan todo el ciclo de producción, desde las materias primas (fibras artificiales) y los productos semi-procesados (artículos de hilo, tejidos, y géneros de punto con sus procesos de fabricación), hasta los productos finales (alfombras, ropa de hogar, ropa de confección y artículos textiles de uso industrial).

Problemas medioambientales

El principal problema ambiental que tiene el sector textil radica en las aguas residuales que genera y en la carga química que las mismas contienen. Otros problemas importantes son el consumo de agua, las emisiones atmosféricas, los residuos sólidos y los malos olores, que pueden resultar muy molestos en determinados tratamientos.

Los diversos flujos procedentes de los distintos procesos se mezclan y producen un efluente final cuyas características son consecuencia de una compleja combinación de factores, como los tipos de

fibras y composiciones procesadas, las técnicas aplicadas y los tipos de productos químicos y auxiliares utilizados.

El descrudado de la lana con agua genera un efluente con un elevado contenido de materia orgánica y cantidades variables de micro-contaminantes debido a los plaguicidas aplicados al ovino.

Los plaguicidas más comunes son los organofosforados (OP), los piretroides sintéticos (SP) y los insecticidas reguladores del crecimiento (IGR). Todavía se encuentran plaguicidas organoclorados (OC) en la lana de algunos países productores.

Un gran porcentaje de la carga total de emisión de las actividades de la industria textil es imputable a sustancias que ya están en la materia prima antes de entrar en el proceso de acabado (por ejemplo, impurezas y materiales afines para fibras naturales, agentes de preparación, lubricantes de hilatura, agentes de encolado, etc.). Todas estas sustancias suelen eliminarse de la fibra durante el proceso de tratamiento previo al tinte y al acabado. La eliminación de productos auxiliares como los lubricantes de hilatura, los aceites de tricotado, y los agentes de preparación mediante tratamiento húmedo pueden generar vertidos, no sólo de sustancias orgánicas poco biodegradables como los aceites minerales, sino también de compuestos peligrosos como los hidrocarburos poliaromáticos, los alquifenoletoxilatos (APEO) y los biocidas. Cuando el sustrato se somete a un proceso seco (termofijado) antes del lavado, los productos auxiliares presentes en el sustrato pasan al aire.

El blanqueado con hipoclorito sódico da lugar a reacciones secundarias que forman compuestos organohalogenados (triclorometano en su mayor parte), que normalmente se cuantifican con el parámetro AOX. La cantidad de AOX que se forma durante el blanqueado con clorito es mucho menor que con el hipoclorito sódico. Las últimas investigaciones demuestran que la formación de AOX no se debe al clorito sódico propiamente dicho, sino más bien a la presencia de cloro o hipoclorito en forma de impurezas o como agentes activadores. La manipulación y almacenamiento de clorito sódico requiere especial atención debido a su toxicidad y riesgo de corrosión y explosión.

En el blanqueado con peróxido de hidrógeno, los problemas ambientales se derivan del empleo de agresivos agentes complejantes (estabilizantes). Si las aguas de lavado generadas tras la mercerización no se valorizan o reutilizan, se produce un efluente alcalino muy concentrado.

Aparte de algunas excepciones (como el proceso termosol, la tintura con pigmentos, etc.), la mayoría de las emisiones que genera el proceso de tintura son acuosas. Las sustancias contaminantes de las aguas pueden tener su origen en los propios tintes (como la toxicidad acuática, los metales o el color), en los productos auxiliares que contiene la formulación del tinte (como agentes dispersantes o antiespumantes, etc.), en los productos químicos y auxiliares básicos que se utilizan en los procesos de tintura (como álcalis, sales, agentes reductores y oxidantes, etc.) y en los contaminantes residuales presentes en la fibra (como residuos de plaguicidas en la lana o acabados de hilado en las fibras sintéticas). Los niveles de emisión y consumo están muy relacionados con el tipo de fibra, su composición, la técnica de tintura y las máquinas utilizadas.

En la tintura discontinua, los niveles de concentración sufren notables variaciones a lo largo del proceso. Por regla general, los mayores niveles de concentración se encuentran en los baños de tinte usados. La aportación de los auxiliares de tinte (por ejemplo, agentes dispersantes y niveladores) a la carga de DQO es especialmente notable en la tintura con colorantes de tina o dispersos. Operaciones como el enjabonado, el tratamiento posterior reductivo y el suavizante también están relacionadas con valores de DQO elevados. Las concentraciones presentes en los

baños de lavado son entre 10 y 100 veces menores que en el baño de tinte agotado y el consumo de agua es de 2 a 5 veces mayor que en el proceso de tintura propiamente dicho.

Por el contrario, en la tintura continua y semicontinua, el consumo de agua es menor que en los procesos de tintura discontinua, pero el vertido de licores de tinte residuales altamente concentrados puede acarrear una mayor carga contaminante si se procesa el material en pequeñas series. La técnica de fulardado sigue siendo la más utilizada. La cantidad de licor que contiene el fular puede ser de 10 a 15 litros en los diseños modernos y hasta de 100 litros en los convencionales. La cantidad residual en el tanque de preparación puede llegar a los 150-200 litros, si bien puede reducirse a tan sólo unos litros en condiciones de control optimizado. La cantidad total de licor residual aumenta con el número de lotes diarios.

Fuentes de emisión habituales en los procesos de estampado son los residuos de la pasta de estampado, las aguas residuales de las operaciones de enjuague y limpieza y los compuestos orgánicos volátiles del secado y fijado. Las pérdidas de pasta son especialmente notables en la serigrafía rotativa. Con series de producción pequeñas, las pérdidas pueden ser superiores a la cantidad de pasta aplicada sobre el sustrato textil. En la limpieza de equipos al final de cada serie se consumen unos 500 l de agua (sin contar el agua utilizada para limpiar la banda de estampado). Las pastas de estampado contienen sustancias con un elevado potencial de emisión atmosférica (como por ejemplo, amoniaco, formaldehído, metanol y otros alcoholes, ésteres, hidrocarburos alifáticos o monómeros como los acrilatos, vinilacetatos, estirenos, acronitrilos, etc.).

Dado que la mayoría de procesos de acabado continuo no necesitan operaciones de lavado posteriores al curado, las emisiones acuosas se limitan a las pérdidas del sistema y al agua utilizada para limpiar los equipos. Los licores residuales varían del 0,5% al 35% de la cantidad total de licor de acabado preparado (el valor inferior corresponde a las fábricas integradas, mientras que los valores más altos son típicos de las fábricas textiles que procesan pequeños lotes y distintos tipos de sustratos). Con demasiada frecuencia, estos licores se desaguan y se mezclan con otros efluentes. A menudo, los ingredientes de las formulaciones de acabado no son biodegradables ni bioeliminables y a veces son además tóxicos (como los biocidas).

En las operaciones de secado y curado, las emisiones atmosféricas están relacionadas con la volatilidad de los ingredientes de las formulaciones y con el arrastre de procesos anteriores (es el caso de los textiles previamente tratados con portadores clorados o con percloroetileno).

Los procesos de lavado son consumidores de agua y energía. La carga contaminante de las aguas de lavado está relacionada con los contaminantes que transporta el flujo de agua (por ejemplo, las impurezas eliminadas del tejido, los productos químicos de procesos anteriores, los detergentes y otros auxiliares del proceso de lavado). El empleo de disolventes organohalogenados (sustancias persistentes) para la limpieza en seco también puede originar emisiones difusas, que acarrear la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas y que también pueden tener efectos negativos en las emisiones atmosféricas de los procesos posteriores de alta temperatura.

Procesos y técnicas

La cadena textil comienza con la producción o recolección de fibras en bruto. Las técnicas y procesos aplicados son fundamentalmente los llamados procesos de acabado: tratamiento previo, tinte, estampado, acabado y revestimiento, inclusive lavado y secado. Otros procesos utilizados son también la fabricación de fibras sintéticas, la hilatura, la tejeduría, y el tricotado. Estos procesos pueden tener lugar en diferentes etapas del proceso productivo (sobre el tejido, sobre el hilo,...) y el orden de los tratamientos puede variar en función de las necesidades finales.

Los procesos que se utilizan para mejorar los impactos ambientales del sector son los siguientes:

- Buenas prácticas de gestión

Con carácter general, las buenas prácticas de gestión empiezan por la formación del personal y terminan por la definición de procedimientos bien documentados para el mantenimiento de los equipos y el almacenamiento, manipulación, dosificación y dispensación de los productos químicos. Para una buena gestión también es esencial conocer mejor los insumos y productos del proceso: por un lado, materias primas textiles, productos químicos, calor, agua y electricidad; y por otro, productos terminados, aguas residuales, emisiones atmosféricas, lodos, residuos sólidos y subproductos. La vigilancia de los insumos y productos del proceso es el punto de partida para determinar las opciones y prioridades de mejora del comportamiento ambiental y del rendimiento económico.

Algunas medidas para mejorar la calidad y cantidad de los productos químicos utilizados son la revisión y evaluación periódica de las fórmulas, la optimización del programa de producción, el empleo de agua de alta calidad en los procesos húmedos, etc. Los sistemas automáticos de control de los parámetros del proceso (como la temperatura, el nivel de licor o la alimentación de productos químicos) evitan errores y permiten obtener mejores resultados, sin aumentar apenas el consumo de los productos químicos y auxiliares aplicados.

Para optimizar el consumo de agua en los procesos textiles, hay que empezar por controlar los niveles de consumo. A continuación se reduce el consumo de agua mediante varias acciones complementarias, como mejorar las prácticas de trabajo, reducir la proporción de licor utilizado en el proceso discontinuo, mejorar la eficiencia del lavado, combinar procesos (por ejemplo, el descrudado y el desencolado) y reutilizar o reciclar el agua. Con estas medidas se puede reducir notablemente el consumo de agua y también de la energía utilizada para calentar los baños de proceso. Para optimizar el consumo de energía existen otras técnicas específicas (por ejemplo, el aislamiento térmico de tuberías, válvulas, tanques y máquinas, la separación de los flujos de aguas residuales calientes y frías y la recuperación de calor del flujo caliente).

- Gestión de calidad de la fibra materia prima

El primer paso para atacar la contaminación arrastrada desde procesos anteriores es disponer de información sobre las materias primas textiles. La información facilitada por el proveedor no sólo debe incluir las características técnicas del sustrato textil, sino también el tipo y cantidad de los agentes de preparación y encolado, monómeros residuales, metales y biocidas (por ejemplo los ectoparasiticidas que se aplican a la lana) presentes en la fibra. Hay que evitar que se procese lana contaminada con plaguicidas OC y minimizar en origen cualquier ectoparasiticida ovino de uso legal.

En lo que respecta a los residuos de plaguicidas presentes en la fibra de lana cruda, varias organizaciones mantienen información sobre el contenido de plaguicidas en lanas grasas y descrudadas. Los fabricantes pueden utilizar esta información para minimizar en origen el consumo de plaguicidas legales (como los ectoparasiticidas OP y SP) y para evitar el procesamiento de lana contaminada con los productos químicos más peligrosos (como los plaguicidas OC), salvo que se obtenga un certificado analítico. De no existir este tipo de información, deberían realizarse pruebas con muestras para determinar su contenido de plaguicidas, pero esta opción aumenta los costes del fabricante.

También es posible mejorar productos auxiliares como los agentes de preparación, los lubricantes de hilatura y los aceites de tricotado. Actualmente existen sucedáneos de los aceites minerales para la mayoría de aplicaciones. Los compuestos alternativos tienen un alto grado de biodegradabilidad o, cuando menos, de bioeliminabilidad. Además, son menos volátiles y más termoestables que los aceites minerales. De este modo, se reducen los malos olores y las emisiones atmosféricas que pueden producirse cuando se somete el sustrato a tratamientos de alta temperatura, como la termofijación.

El impacto ambiental del proceso de desencolado se reduce mediante la combinación de técnicas de baja adición como la pre-humectación de los hilos de urdimbre o la hilatura compacta, cuidando la selección de los agentes de encolado. Es un hecho reconocido que actualmente existen compuestos fácilmente biodegradables o bioeliminables que satisfacen todas las necesidades. Más aún, los poliácridatos de última generación son altamente eficientes y menos aditivos y pueden eliminarse del tejido fácilmente y por completo.

Por regla general, las fábricas integradas tienen medios para controlar la fuente de sus materias primas y productos químicos aplicados en la fibra. Las empresas no integradas (sobre todo, las empresas a comisión) tienen más difícil influir en los proveedores de procesos anteriores. Las formulaciones convencionales suelen ser más económicas. Los proveedores de materias primas (por ejemplo, los talleres de hilatura o tricotado) tienen especialmente en cuenta los aspectos económicos y el rendimiento de la sustancia en cuestión en su propio proceso, y no los problemas ambientales que generan los procesos posteriores (en el taller de acabados). En estos casos, es necesario establecer una colaboración con los clientes para eliminar estos materiales de la cadena de suministro.

Para las fibras artificiales se deben seleccionar el material tratado con agentes de preparación biodegradables/ bioeliminables y de baja emisión.

Para el algodón, los principales problemas son la presencia de sustancias peligrosas como los PCP, y la calidad y cantidad de los agentes de encolado utilizados (selección de material encolado con técnicas de baja adición y agentes bioeliminables de alta eficiencia). Debe otorgarse preferencia al algodón cultivado con técnicas biológicas si las condiciones del mercado lo permiten.

- Selección y sustitución de los productos químicos utilizados

Los criterios que se deben aplicar de forma general a la hora de seleccionar y gestionar los productos químicos son dos: cuando sea posible conseguir que el proceso obtenga los resultados deseados sin utilizar productos químicos se evitará su uso; y si no es posible se adoptará un sistema de selección de productos químicos y formas de uso basado en el criterio del menor riesgo global.

Existen varias listas y herramientas de clasificación de productos químicos. Algunas de las formas de uso que garantizan el menor riesgo global son los circuitos cerrados y la destrucción de contaminantes dentro del circuito. Por supuesto, es esencial que se otorgue el debido reconocimiento a la legislación comunitaria pertinente.

Los tensioactivos tienen usos muy diversos en la industria textil (como detergentes, lubricantes, etc.). Algunos tensioactivos se consideran problemáticos debido a su escasa biodegradabilidad y a su toxicidad para las especies acuáticas. Los que más recelos despiertan actualmente son los APEO y, en particular, los NPE. La principal alternativa de los APEO son los etoxilatos de alcohol grasos, pero también otros tensioactivos tienen a menudo sucedáneos que pueden biodegradarse o bioeliminarse fácilmente en la depuradora de aguas residuales, y que no forman metabolitos tóxicos.

Con frecuencia es posible evitar los agentes complejantes. No obstante, si resulta imprescindible utilizarlos, existen compuestos alternativos a los agentes secuestrantes convencionales que son fácilmente biodegradables o bioeliminables, y que no contienen N o P en su molécula (por ejemplo los policarbonatos, poliacrilatos, gluconatos, citratos y algunos copolímeros de ácido acrílico-azúcar). Los costes son comparables, aunque en algunos casos puede ser necesario emplear mayores cantidades.

Los agentes antiespumantes suelen formularse con aceites minerales. Los principios activos típicamente utilizados en los productos sin aceites minerales son las siliconas, los ésteres fosfóricos, los alcoholes de gran peso molecular, los derivados del flúor y las mezclas de estos componentes. Las siliconas sólo se eliminan por medio de procesos abióticos en las aguas residuales y por encima de determinadas concentraciones dificultan la transferencia/difusión del oxígeno a los lodos activados. Los tributilfosfatos despiden un olor muy intenso y son altamente irritantes y los alcoholes de gran peso molecular también tienen problemas de olores y no pueden utilizarse en licores calientes.

Para dosificar y dispersar los productos químicos de forma correcta es necesario instalar sistemas automáticos de dosificación y dispensación que miden las cantidades exactas de los productos químicos y auxiliares necesarios, y las suministran directamente a las diversas máquinas a través de canalizaciones, sin intervención humana.

- Descrudado de la lana

La instalación de circuitos de eliminación de suciedad/recuperación de grasa permite ahorrar agua y energía. Además, se obtiene un valioso subproducto (del 25% al 30% de la grasa que se estima presente en la lana sometida a descrudado), junto con una importante reducción de la carga orgánica que se envía a la depuradora. Si se combina el circuito de eliminación de suciedad/recuperación de grasa con evaporación del efluente e incineración de los lodos, con un reciclado total del agua y la energía utilizadas, se consiguen beneficios ambientales adicionales en términos de ahorro de agua y de reducción de la cantidad de residuos sólidos que es preciso eliminar.

El descrudado de la lana con disolventes orgánicos evita el consumo de agua en el proceso de limpieza. La única fuente de emisiones acuosas es la humedad que se introduce con la lana, el vapor utilizado en los eyectores, y la humedad recuperada del aire inyectado en los equipos. Esta agua obtenida está contaminada con percloroetileno (PER). Para evitar todo riesgo de emisiones difusa que puedan contaminar aguas subterráneas, el flujo de agua se trata en dos fases, primero un separador de disolvente por aire y luego una destructora de disolvente residual. Como los plaguicidas se disgregan fácilmente con el disolvente y se eliminan con la grasa, se asume que la lana limpia está exenta de plaguicidas. Esto tiene implicaciones beneficiosas para los procesos posteriores, donde se realiza el acabado de la lana. Otro efecto positivo de esta técnica es que se consume menos energía, debido al menor calor latente que tiene un disolvente orgánico en comparación con el agua.

- Tratamiento previo

Los agentes de encolado sintéticos y acuosolubles, como el PVA, los poliacrilatos y el CMC, pueden recuperarse del licor de lavado mediante UF y reutilizarse en el proceso. Recientemente se ha confirmado que también es posible reciclar los almidones modificados, como el almidón carboximetílico. Sin embargo, su reutilización en la tejeduría tiene sus dificultades. Hoy por hoy,

los tejedores siguen mostrándose algo reacios a aceptar los encolados recuperados. Además, el transporte a larga distancia neutraliza todas las ventajas ecológicas, ya que el licor ha de transportarse en cisternas aisladas y en condiciones adecuadas. Por estas razones, los agentes de encolado sólo suelen recuperarse en las fábricas integradas, donde la tejeduría y el taller de acabados están en la misma instalación.

En las acerías no integradas, que trabajan con muy diversos tipos de tejidos y tienen más dificultades para ejercer un control directo sobre la fuente del tejido crudo, una opción viable es el proceso oxidativo. En determinadas condiciones (concretamente, con un pH superior a 13), el H_2O_2 genera radicales libres que degradan todos los encolados de manera eficaz y uniforme y los eliminan del tejido. Este proceso produce moléculas pre-oxidadas más cortas y menos ramificadas, que son más fáciles de eliminar por lavado (con menor cantidad de agua) y de degradar en la depuradora. Es aconsejable combinar el blanqueo mediante peróxidos alcalinos con el descrudado y regular el caudal de álcalis y peróxidos a contracorriente por las distintas fases de tratamiento previo, a fin de ahorrar agua, energía y productos químicos.

El peróxido de hidrógeno es actualmente el agente preferido para blanquear algodón y sus mezclas, como sucedáneo del hipoclorito sódico, aunque se afirma que todavía es necesario este último para conseguir mayor blancura y para los tejidos más frágiles, que pueden sufrir despolimerización. En estos casos puede utilizarse un proceso en dos fases, con la aplicación de peróxido de hidrógeno primero y de hipoclorito sódico después, a fin de reducir las emisiones de AOX (las impurezas en la fibra, que actúan como precursores en la reacción haloforme, se eliminan en la primera fase). Hoy en día también es posible utilizar un proceso de blanqueo en dos fases con la aplicación exclusiva de peróxido de hidrógeno, dejando el hipoclorito totalmente al margen. No obstante, esta opción es de dos a seis veces más cara.

También se otorga cada vez más crédito al blanqueo con peróxido en condiciones de fuerte alcalinidad, con el cual se puede conseguir una gran blancura tras proceder a una cuidadosa eliminación de los catalizadores mediante técnicas de reducción/extracción. La ventaja adicional que se dice obtener es la posible combinación del descrudado y el blanqueado.

El proceso de reducción/extracción, seguido de una fase de blanqueado/descrudado fuertemente oxidativa, puede utilizarse para blanquear textiles altamente contaminados de todo tipo de composiciones y en todo tipo de máquinas (continuas y discontinuas).

El dióxido de cloro (obtenido de clorito o clorato sódico) es un excelente agente blanqueador para las fibras sintéticas y para el lino y demás fibras liberianas que no pueden blanquearse sólo con peróxido. Las últimas tecnologías (que utilizan peróxido de hidrógeno como agente reductor del clorato sódico) son capaces de producir ClO_2 sin generar AOX (blanqueado elemental sin cloro).

El agua de lavado que queda del tratamiento de mercerización (la llamada «lejía débil») puede reciclarse en el proceso tras concentrarse por evaporación. Este proceso consiste en recuperar y reutilizar los álcalis de las aguas de lavado de la mercerización y reutilizar los efluentes alcalinos de otros tratamientos de preparación.

Para la eliminación de los lubricantes empleados en el proceso de tricotado de los tejidos se pueden aplicar uno de los siguientes métodos:

- seleccionar un tejido de punto que se haya procesado utilizando lubricantes acuosolubles y biodegradables, en lugar de los convencionales a base de aceites minerales. Eliminarlos mediante un lavado con agua. Con los tejidos de punto hechos de fibras sintéticas, la fase

de lavado debe realizarse antes de la termofijación (para eliminar los lubricantes y evitar que sean liberados en forma de emisiones atmosféricas).

- realizar la fase de termofijación antes del lavado, y tratar las emisiones atmosféricas generadas por el bastidor mediante sistemas de electrofiltrado en seco que permiten la recuperación de energía y la recogida selectiva del aceite. De este modo, se reduce la contaminación del efluente.
- eliminar los aceites no solubles en agua mediante un lavado con disolventes orgánicos. Para la destrucción de los contaminantes persistentes dentro del circuito se suelen emplear procesos de oxidación avanzada. Es conveniente recurrir a esta técnica cuando el tejido presenta otros agentes de preparación no solubles en agua, como los aceites de silicona.

Para el proceso de descolado se pueden aplicar uno de los siguientes métodos:

- seleccionar una materia prima procesada con técnicas de baja adición (como la prehumectación del hilo de urdimbre) y agentes de encolado que puedan bioeliminarse de manera más eficaz, junto con la aplicación de sistemas de lavado eficientes para el descolado y técnicas de tratamiento de aguas residuales de baja relación alimento/masa para mejorar la bioeliminabilidad de los agentes de encolado.
- adoptar el proceso oxidativo si no es posible controlar la fuente de la materia prima.
- combinar el descolado/descrudado y el blanqueado en una sola fase.
- recuperar y reutilizar los agentes de encolado mediante ultrafiltración.

- Tinte

Es posible evitar los conocidos portadores de tintes para PES (salvo mezclas de PES/WO y elastano/WO) mediante la tintura en condiciones de alta temperatura. Otra opción interesante es el empleo de fibras de PES que pueden teñirse sin portador, como las fibras de poliéster politrimetilentereftalato (PTT). Sin embargo, debido a diferencias en sus propiedades físicas y mecánicas, estas fibras no cubren exactamente la misma aplicación y no pueden considerarse comparables a las fibras de poliéster a base de PET. Si no es posible evitar los portadores, las sustancias activas convencionales (a base de compuestos aromáticos clorados, o-fenilfenol, bifenilo y otros hidrocarburos aromáticos), pueden sustituirse por compuestos menos nocivos como el bencilbenzoato y la N-alquileftalimida. Para evitar el hidrosulfito sódico en el tratamiento posterior del PES, se proponen dos alternativas, utilizar agentes reductores a base de un derivado especial del ácido sulfínico de cadena corta, o bien utilizar tintes dispersos que puedan eliminarse en un medio alcalino por solubilización hidrolítica y no por reducción. Los derivados del ácido sulfínico de cadena corta son biodegradables, no son corrosivos, tienen una toxicidad muy baja y, a diferencia del hidrosulfito de hidrógeno, pueden aplicarse en condiciones ácidas sin necesidad de cambiar repetidamente el baño ni de variar el pH (ahorrando agua y energía). Con los tintes eliminables en álcalis, se puede evitar el empleo de hidrosulfito u otros agentes reductores.

Los agentes dispersantes normalmente presentes en las formulaciones de tintes dispersos, tintes de tina y tintes sulfurosos se han mejorado mediante su sustitución parcial por productos optimizados a base de ésteres de ácidos grasos, o utilizando mezclas de ácidos sulfónicos aromáticos modificados. La primera opción sólo es aplicable a las formulaciones líquidas de tintes dispersos (la paleta de colorantes es actualmente limitada). Estos agentes dispersantes son bioeliminables y es posible reducir notablemente su presencia en la formulación en comparación con las formulaciones convencionales. Los agentes dispersantes de la segunda opción presentan un mayor grado de bioeliminación en comparación con los productos convencionales de la condensación del ácido naftalensulfónico con formaldehído y pueden utilizarse tanto con tintes dispersos como con tintes de tina (formulaciones sólidas y líquidas). Los tintes sulfurosos sometidos a reducción previa (formulaciones líquidas con menos del 1% de sulfuro) o los tintes sin sulfuros y sin reducción previa

pueden encontrarse en diferentes formas (acuosolubles en la forma líquida, en polvo u oxidada, o en suspensión estable). Todos estos tintes pueden reducirse sin sulfuro de sodio, utilizando tan sólo glucosa (sólo en un caso) o en combinación con ditonita, hidroxiacetona o ácido sulfínico de la formamidina. Los colorantes sin sulfuro y sin reducción previa estabilizados son más caros que los demás tipos de tintes sulfurosos.

La deficiente fijación del tinte es un antiguo problema del tinte reactivo, sobre todo en la tintura discontinua de fibras de celulosa, en la cual se suele añadir sal en cantidades importantes para mejorar el agotamiento del tinte. Gracias a la aplicación de modernas técnicas de ingeniería molecular ha sido posible diseñar tintes reactivos bajos en sal y bifuncionales que pueden superar el 95% de fijación incluso en fibras celulósicas, con un rendimiento (reproductibilidad y nivelación) considerablemente mayor que los tintes reactivos tradicionales. El lavado en caliente evita el uso de detergentes y agentes complejantes en las fases de lavado y neutralización posteriores al tinte. Sustituyendo el lavado en frío por el lavado en caliente se aumenta el consumo de energía, a menos que se recupere la energía térmica del efluente de lavado.

En la tintura discontinua-fulardada (“pad-batch”) de tejidos celulósicos se puede evitar el empleo de silicato de sodio mediante soluciones acuosas altamente concentradas y exentas de silicatos disponibles en el mercado en forma de productos preparados y fácilmente aplicables con los modernos sistemas de dosificación. También se describe un proceso alternativo que no requiere la adición de sustancias como la urea, el silicato de sodio y la sal, ni un tiempo de reposo prolongado para fijar los tintes. El propio proceso es sencillo y versátil y puede aplicarse a muy diversos tejidos, sea cual sea el tamaño del lote. Se pueden obtener importantes beneficios gracias a su mayor productividad, menor consumo de productos químicos y energía y reducción de las aguas residuales contaminadas que requieren tratamiento. No obstante, debido a la elevada inversión inicial necesaria, esta técnica es más adecuada para nuevas instalaciones o para aquellas que se plantean sustituir sus equipos.

Hace muy poco han salido al mercado nuevos tintes reactivos que tienen una gran solidez, equivalente a la que puede obtenerse con los tintes al cromo, incluso con tonos oscuros. Sin embargo, los tintes reactivos no han logrado imponerse con rapidez por varias razones, como la resistencia de los operadores a aceptar cambios radicales en un procedimiento muy consolidado. Además, algunas empresas de acabado siguen pensando que los tintes al cromo son los únicos que garantizan la solidez necesaria para la sobretintura. Con los tintes al cromo, se pueden adoptar técnicas de tintura estequiométrica baja o ultrabaja en cromo para minimizar la cantidad de cromo residual en el efluente final.

En general, con los tintes controlados por pH (como los tintes ácidos y básicos) es conveniente realizar la tintura en condiciones isotérmicas que impongan un perfil de pH. Una de sus ventajas frente a los procesos de tinte controlados por temperatura es que se puede conseguir el máximo agotamiento de los tintes y de los repelentes de insectos con un mínimo consumo de niveladores orgánicos. En la tintura de lanas con colorantes a base de complejos metálicos, es posible conseguir niveles superiores de agotamiento y fijación controlando el pH y utilizando auxiliares especiales con una elevada afinidad con la fibra y el tinte. El mayor índice de agotamiento está en correlación directa con los menores niveles de cromo residual en el baño de tinte usado. Esta técnica se ha diseñado para teñir fibra de lana suelta y cinta peinada, pero también pueden conseguirse los mismos rendimientos con otras composiciones, utilizando las técnicas de control de pH para lograr el máximo agotamiento del baño final.

En lo que respecta a los procesos de tintura continua, se pueden limitar las pérdidas del sistema realizando la impregnación mediante rodillos o reduciendo al mínimo la capacidad de la cubeta de

inmersión. Otras formas de mejorar el sistema son dispensar el tinte y los auxiliares en flujos separados y dosificar el licor de fulardado en función del valor de captación medido. La cantidad de licor de tinte que se consume se determina en referencia a la cantidad de tejido procesado. Los valores resultantes se procesan automáticamente y se utilizan en la preparación del siguiente lote comparable, a fin de minimizar los residuos de licor de tinte sin usar. No obstante, este sistema no evita la presencia de licor de tinte residual en el tanque de alimentación.

La técnica de tinte rápido discontinuo representa una mejora adicional, porque en lugar de prepararse de una sola vez (para todo el lote) antes de comenzar a teñir, se prepara la solución de tintura justo a tiempo, en varias veces, de acuerdo con el valor de captación medido en línea.

Para la dosificación y dispensación de las formulaciones de tinte se pueden aplicar los siguientes métodos:

- reducir el número de tintes (una manera de hacerlo es utilizar sistemas tricromáticos).
- utilizar sistemas automáticos de dosificación y dispensación de tintes, limitando el procedimiento manual a los tintes de uso infrecuente.
- en las líneas continuas más largas donde el volumen inerte de la línea de distribución es comparable con el volumen del fular, dar preferencia a las estaciones automatizadas descentralizadas que no mezclan los distintos productos químicos con los tintes previamente al proceso y que se limpian por completo de forma automática.
- utilizar máquinas equipadas con: controladores automáticos de volumen de llenado, temperatura y otros parámetros del ciclo de tintura, sistemas de calefacción y refrigeración indirecta, campanas de extracción y puertas para minimizar las pérdidas de vapor.
- elegir la máquina más adecuada al tamaño del lote de proceso, a fin de que pueda trabajar con la gama de relaciones de licor nominales para la cual esté diseñada. Las máquinas modernas pueden trabajar con una relación de licor aproximadamente constante y con un nivel de carga de tan sólo un 60% de su capacidad nominal (o incluso el 30% de su capacidad nominal en el caso de las máquinas de tintura de hilo).
- seleccionar nuevas máquinas que, en la medida de lo posible, cumplan una relación de licor baja o ultrabaja, y que estén separados el baño y el sustrato durante el proceso, que haya una separación interna del licor de proceso y el licor de lavado, una extracción mecánica del licor para reducir el arrastre y mejorar la eficiencia de lavado, que el ciclo dure poco, sustituir el método de lavado en cascada/inundación por el método de vaciado y llenado u otras técnicas (como el lavado inteligente de tejidos), reutilizar las aguas de lavado para la próxima tintura o reconstitución y reutilización del baño de tintura cuando las consideraciones técnicas lo permitan (más fácil de aplicar en la tintura de fibras sueltas, donde se utilizan máquinas de carga superior, ya que el portador de la fibra puede eliminarse de la máquina de tintura sin vaciar el baño). Las máquinas modernas de tintura discontinua están equipadas con tanques integrados que permiten la separación automática e ininterrumpida de los concentrados del agua de lavado.
- utilizar sistemas de aplicación de licor de baja adición y minimizar el volumen de la cubeta de inmersión si se utilizan técnicas de fulardado.
- adoptar sistemas de dispensación que distribuyan los productos químicos en línea en flujos separados, para mezclarlos justo antes de ser alimentados al aplicador.
- medir el consumo de licor de tinte con referencia a la cantidad de tejido proceso (longitud de tejido multiplicada por su peso específico). Los valores resultantes se procesan automáticamente y se utilizan para preparar el siguiente lote comparable.
- utilizar la técnica de tinte rápido discontinuo, donde en lugar de preparar la solución de tintura para todo el lote antes de comenzar a teñir, se prepara justo a tiempo, en varias veces, de acuerdo con el valor de captación medido en línea. Esta técnica es la preferida cuando las consideraciones económicas lo permiten.

- aumentar la eficiencia de lavado de acuerdo con los principios de lavado a contracorriente y reducción de arrastre.

Para los procesos de tintura continuos y discontinuos descritos (PES, tintes reactivos, tintes sulfurosos, tintes dispersos, tintes de lana, etc.) se utilizan los siguientes métodos:

- evitar el empleo de portadores peligrosos.
 - utilizar fibras de poliéster teñible sin portador (PET o PTT modificado), cuando las consideraciones comerciales lo permitan.
 - teñir en condiciones de alta temperatura sin portadores. Esta técnica no es aplicable a las mezclas de PES/WO y elastano/WO.
 - sustituir los portadores de tinte convencionales por compuestos de bencilbenzoato y N-alquileftalimida, para teñir fibras de WO/PES.
 - Sustituir la ditionita sódica en el tratamiento posterior del PES por un agente reductor a base de derivados del ácido sulfínico. Esta técnica debe combinarse con medidas que aseguren que sólo se consume la cantidad de agente reductor estrictamente necesario para reducir el tinte (por ejemplo utilizando nitrógeno para eliminar el oxígeno del licor y del aire de la máquina).
 - utilizar tintes dispersos que puedan eliminarse en un medio alcalino por solubilización hidrolítica en lugar de reducción.
 - utilizar formulaciones de tinte optimizadas que incorporen agentes dispersantes con un alto grado de bioeliminabilidad.
 - sustituir los tintes sulfurosos convencionales, líquidos y en polvo, por tintes estabilizados sin sulfuros y sin reducción previa, o por formulaciones de tinte líquido con reducción previa con menos del 1% de sulfuro.
 - sustituir el sulfuro de sodio por agentes reductores sin sulfuro o por ditionita sódica (por ese orden de preferencia).
 - adoptar medidas que aseguren que sólo se consume la cantidad de agente reductor estrictamente necesario para reducir el tinte (por ejemplo utilizando nitrógeno para eliminar el oxígeno del licor y del aire de la máquina).
 - utilizar peróxido de hidrógeno como oxidante preferente.
 - utilizar tintes reactivos de alta fijación y bajos en sal.
 - evitar el uso de detergentes y complejantes en las fases de lavado y neutralización posteriores a la tintura, aplicando un lavado en caliente integrado con la recuperación de la energía térmica del efluente de lavado.
 - evitar el empleo de urea y utilizar métodos de fijación sin silicatos.
 - sustituir los tintes al cromo por tintes reactivos o, si esto no fuera posible, utilizar una técnica de tintura ultrabaja en cromo que cumpla todos los requisitos legales de concentración de cromo (sobre todo cromo hexavalente en el agua residual).
 - asegurar el mínimo vertido de metales pesados a las aguas residuales cuando se tiña lana con tintes complejos metálicos. Se mejoran los rendimientos utilizando auxiliares que mejoren la absorción del tinte, o utilizando métodos de control por pH a fin de agotar al máximo el baño para otras composiciones.
 - dar preferencia a un proceso controlado por pH, si se utilizan tintes que puedan controlarse de esta manera (tintes ácidos y básicos), de forma que se obtenga una tintura a nivel con el máximo agotamiento de los tintes y agentes repelentes de insectos y con el mínimo consumo de agentes niveladores orgánicos.
- Estampado

En la serigrafía rotativa, las pérdidas de pasta de estampado se reducen en gran medida si se minimiza el volumen del sistema de alimentación, es decir, el diámetro de los tubos y rasquetas.

Esta reducción puede ser todavía mayor si se mejora la recuperación de pasta del propio sistema de alimentación. Una técnica consiste en insertar una bola en la rasqueta antes de llenar el sistema. Al final de una serie, la bola es empujada hacia atrás para devolver la pasta que contiene el sistema al tambor, para su posterior reutilización. Hoy en día, los sistemas informáticos ofrecen más posibilidades de reciclado.

Los sistemas de recuperación y reciclado de pasta se aplican en los talleres de acabado textil (para tejidos planos), pero no para alfombras. La principal razón es que la goma guar (el espesante más utilizado en alfombras) tiene una duración limitada (por ser un compuesto biodegradable) y, por consiguiente, no puede permanecer en almacén durante mucho tiempo. Las pantallas, las cubetas y los sistemas de alimentación de pasta deben ser objeto de una limpieza minuciosa antes de utilizarse con nuevos colores.

Hay varios métodos económicos de reducir el consumo de agua como el control de arranque/parada de la limpieza de la banda de estampado, la reutilización del agua de lavado generada en la limpieza de la banda, etc.

Una alternativa al estampado analógico es el empleo de técnicas digitales, que adquieren cada vez mayor importancia en la industria textil y en el subsector de alfombras. En el estampado digital, los tintes seleccionados se dosifican sobre demanda, según las necesidades computadas. De este modo se evita que queden residuos de pasta al final de cada serie. La técnica digital de estampado por inyección de tinta es adecuada para los tejidos planos, pero todavía no alcanza velocidades de producción suficientes para sustituir a la técnica analógica tradicional, si bien ya ofrece ventajas significativas en la producción de series cortas. Lo último en máquinas de estampado por inyección para alfombras y tejidos voluminosos son las máquinas en las que se inyecta el color, con precisión quirúrgica, en lo más profundo del haz del tejido, sin que ninguna parte de la máquina toque el sustrato. En estos procesos, la cantidad de licor aplicada al sustrato (que puede variar según se trate de artículos ligeros o tejidos reforzados) no sólo se controla modificando el tiempo de inyección, sino también la presión de bombeo.

La pasta de estampado reactiva puede contener hasta 150 g de urea por kilo, pudiendo sustituirse ésta en el proceso de una sola fase por la adición controlada de humedad, ya sea mediante la técnica de espumado o mediante la nebulización de una cantidad de agua determinada. Sin embargo, el sistema de nebulización no puede sustituir a la urea en los artículos de seda y viscosa, ya que no tiene suficiente fiabilidad para garantizar una dosificación uniforme de la baja adición de humedad que requieren estas fibras. Por el contrario, la técnica de espumado se ha demostrado capaz de eliminar por completo la urea en la viscosa. En principio, este sistema también debería ser técnicamente viable en seda, aunque todavía no se ha demostrado. Es sabido que la seda es una fibra menos problemática que la viscosa, pero normalmente se procesa en series más cortas. Otra técnica que permite evitar el uso de urea, si bien más lenta y compleja, es el estampado en dos fases.

Los espesantes de nueva generación no contienen disolventes orgánicos volátiles o sólo en cantidades mínimas. Además, las pastas de estampado optimizadas están exentas de APEO, tienen un contenido menor de amoníaco y contienen ligantes pobres en formaldehído.

En resumen, el proceso de estampado utiliza los siguientes métodos principalmente:

- Reducir las pérdidas de pasta de estampado en la serigrafía rotativa, minimizando el volumen de los sistemas de alimentación de pasta, recuperando la pasta del sistema de alimentación al final de cada serie, o reciclando la pasta residual.

- Reducir el consumo de agua en las operaciones de limpieza mediante una combinación de un control de arranque/parada de la limpieza de la banda de estampado, la reutilización de la parte más limpia del agua procedente de la limpieza de las rasquetas, pantallas y cubetas, y la reutilización del agua procedente de la limpieza de la banda de estampado.
 - Utilizar máquinas de estampado digital por inyección de tinta para la producción de series cortas de tejidos planos. Se suele aplicar una descarga de disolvente para evitar el bloqueo mientras la estampadora no está en servicio.
 - Utilizar las máquinas de estampado digital por inyección para la producción de alfombras y tejidos voluminosos, salvo el estampado de resistencia y de reserva y situaciones similares.
 - El estampado reactivo se realiza, o bien en una sola fase con la adición controlada de humedad (donde ésta se aplica en forma de espuma o nebulizando una cantidad determinada de agua), o bien en dos fases.
 - El estampado con pigmentos utiliza pastas de estampado optimizadas que contengan espesantes con baja emisión de carbono orgánico volátil (o exentos de disolventes volátiles por completo), y ligantes pobres en formaldehído; que no tengan APEO, que tengan un alto grado de bioeliminabilidad, y que tengan un reducido contenido de amoníaco.
- Acabado

A fin de reducir la captación, se van imponiendo las llamadas técnicas de aplicación mínima (como los sistemas de aplicación por rodillos tangenciales, nebulización y espumado) en sustitución de los sistemas de fulardado. Además, existen varias técnicas para reducir el consumo de energía en los bastidores (por ejemplo los equipos mecánicos para deshidratar los tejidos utilizados como materia prima, el control optimizado del aire de escape del horno o la instalación de sistemas de recuperación de calor).

Para cada proceso de acabado hay técnicas que reducen el impacto ambiental causado por las sustancias específicas utilizadas. En los tratamientos “easy-care” (lavar y usar), se pueden reducir notablemente las emisiones de formaldehído (presunto cancerígeno) utilizando productos exentos de este componente o con un bajo contenido del mismo.

Algunas técnicas generales para reducir al mínimo las emisiones de agente antipolillas son los procedimientos de manipulación para reducir los derrames durante la dispensación y el transporte de los concentrados de estos agentes en la tintorería, así como técnicas especiales de trabajo para reducir en la medida de lo posible los residuos de principio activo en el licor de tinte usado y en el agua de lavado. Dos medidas eficaces son asegurar un pH inferior a 4,5 al final del proceso de tintura (y si esto no fuera posible, aplicar el repelente de insectos en otra fase con reutilización del baño), y evitar el uso de auxiliares de tinte que retarden la absorción de repelente (como agentes niveladores o bloqueadores de PA).

Otras técnicas son el sobre-tratamiento proporcional, la aplicación del antipolillas desde el cilindro de bajo volumen situado al final de la línea de descrudado de hilo, la aplicación del repelente directamente sobre el pelo de la alfombra durante la operación de revestimiento del envés o aplicación de látex, etc. El empleo de estas técnicas es específico para cada uno de los tres procesos identificados de fabricación de hilo, es decir, el proceso de hilatura en seco, la producción de hilo descrudado y fibra teñida suelta, y la producción de hilo teñido.

La aplicación de suavizantes mediante fulares o sistemas de nebulización o espumado es mejor, desde el punto de vista ecológico, que el tratamiento suavizante de los lotes directamente en la máquina de tintura una vez finalizado ésta, ya que puede evitarse el empleo de suavizantes catiónicos y reducirse la pérdida de productos químicos a un pequeño porcentaje. Otra ventaja es

que con ello es posible reutilizar los baños de tinte o lavado, porque ya no es problema la presencia de suavizantes catiónicos residuales, que de otro modo limitaría la adsorción del tinte en el proceso de tintura posterior.

En resumen, las técnicas más habituales en esta etapa de acabado son las siguientes:

- minimizar el licor residual utilizando técnicas de aplicación mínima (como aplicación de espuma o nebulización) o reduciendo el volumen de los fulares, o reutilizando los licores de fulardado si ello no afecta a la calidad.
 - minimizar el consumo de energía en bastidores utilizando equipos mecánicos para deshidratar el tejido entrante, optimizando el caudal de aire de escape a través del horno (manteniendo la humedad de escape en condiciones de equilibrio), instalando sistemas de recuperación de calor o sistemas aislantes, optimizando el mantenimiento de los quemadores en los bastidores con calefacción directa.
 - utilizar fórmulas optimizadas de baja emisión atmosférica, clasificando y seleccionando las fórmulas de acabado según su factor de emisión.
 - utilizar agentes reticulantes sin formaldehídos en el sector de alfombras y agentes reticulantes sin formaldehídos o pobres en formaldehídos en la industria textil.
 - adoptar medidas adecuadas de manipulación de materiales.
 - asegurar una eficiencia del 98% (transferencia del repelente a la fibra).
 - adoptar las siguientes medidas adicionales cuando se aplica el repelente desde un baño de tintura: asegurar que se alcance un pH < 4,5 al final del proceso y, si esto no fuera posible, aplicar el repelente en una fase independiente, con reutilización del baño; añadir el repelente tras la ampliación del baño de tintura a fin de evitar derrames por rebosamiento; y seleccionar auxiliares de tinte que no retarden la absorción (agotamiento) del repelente durante el proceso de tintura.
 - combinar el tratamiento posterior al ácido (para aumentar la absorción del principio activo antipolillas) y reutilizar el baño de lavado en la siguiente fase de tintura.
 - aplicar un sobre-tratamiento proporcional del 5% de la mezcla de fibra total combinado con máquinas de tintura y sistemas de reciclado de aguas residuales para minimizar las emisiones acuosas del principio activo.
 - utilizar sistemas de aplicación de bajo volumen específicos, situados al final de la máquina de descrudado de hilo.
 - reciclar el licor de proceso de bajo volumen entre lotes y utilizar procesos específicamente diseñados para eliminar el principio activo del licor de proceso usado. Estas técnicas pueden ser tratamientos de adsorción o degradación.
 - en la fabricación de alfombras, aplicar el antipolillas directamente al pelo mediante la tecnología de aplicación de espuma.
 - utilizar un proceso de tratamiento posterior separado para minimizar las emisiones de los procesos de tintura que se realizan en condiciones menos que óptimas para la absorción del antipolillas.
 - utilizar maquinaria de aplicación semicontinua de bajo volumen o centrifugadoras modificadas.
 - aplicar los agentes suavizantes mediante fulares, o mejor, mediante sistemas de aplicación por nebulización y espumado, en lugar de realizar este tratamiento por agotamiento directamente en la máquina de tintura discontinua.
- Lavado

El vaciado y llenado, y el lavado inteligente son técnicas de lavado discontinuo más eficientes que el lavado convencional en cascada. Además, las máquinas modernas están equipadas con dispositivos de ahorro de tiempo y otros sistemas especiales para evitar las limitaciones típicas del

método de vaciado y llenado tradicional (como un ciclo de producción más largo, etc.). Con estas técnicas de lavado es posible mantener el licor de tinte concentrado agotado, y las aguas de lavado en flujos separados (que facilitan la segregación de los flujos de residuos y la recuperación de agua y energía).

En el lavado continuo, el ahorro de agua y energía debe empezar por la aplicación de sencillas medidas de conservación, que pueden ser desde la parametrización del caudal óptimo mediante caudalímetros en las lavadoras hasta la instalación de válvulas de retención que cierren el paso de agua en cuanto se produzca una parada. Es posible lograr mejoras adicionales aumentando la eficiencia del proceso, principalmente mediante el lavado a contracorriente y la reducción del arrastre (por ejemplo con extractores). Una medida sencilla y eficaz suele ser la instalación de equipos de recuperación del calor en las lavadoras continuas.

Las nuevas instalaciones de lavado con disolventes organohalogenados están provistas de filtros de carbón activo en circuito cerrado, evitándose de este modo la salida de aire al ambiente exterior. Si no pueden evitarse los disolventes organohalogenados (por ejemplo con tejidos muy cargados con preparaciones como los aceites de silicona, que son difíciles de eliminar con agua), es imprescindible utilizar equipos de circuito totalmente cerrado. Se suelen adoptar medidas para la destrucción de los contaminantes persistentes dentro del circuito (por ejemplo mediante procesos de oxidación avanzada), a fin de evitar cualquier posible contaminación de las aguas subterráneas por accidente o contaminación difusa.

A fin de minimizar las emisiones de agua contaminada con PER, la mayor parte del PER disuelto en agua se extrae y se recupera mediante un proceso en dos fases, primero una separación por aire, y luego una absorción en carbón activo. Dado que el caudal de agua es bastante pequeño, los procesos de oxidación avanzada (como el proceso Fenton) son aptos para tratar este efluente *in situ*. Además, el rediseño completo de la sección de destilación principal ha reducido de forma drástica el residuo de disolvente en los lodos (un 1% en peso, frente a más del 5% en las instalaciones convencionales).

- Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales tiene tres posibilidades diferentes:

- tratamiento centralizado en una depuradora biológica *in situ*.
- tratamiento centralizado externo en una depuradora municipal.
- tratamiento descentralizado in situ (o externo) de determinados flujos de aguas residuales segregados.

Aun los compuestos menos biodegradables pueden ser degradados en plantas biológicas con una baja relación alimento/masa (F/M), pero no así las sustancias no biodegradables. Los flujos de aguas residuales concentradas que contengan este tipo de compuestos deberán ser tratados en origen. Anteriormente se ha mencionado la propuesta de utilizar la oxidación avanzada con una reacción tipo Fenton como técnica viable de tratamiento previo. Sin embargo, es posible mantener los residuos más agresivos, como la pasta de estampado residual y los licores de fulardado, fuera del flujo de aguas residuales y utilizar otras vías de eliminación.

En relación con las aguas residuales que contienen pasta de estampado pigmentada o látex de bases de alfombras, la precipitación/floculación e incineración de los lodos resultantes es una alternativa viable a la oxidación química. Además, en relación con los colorantes azoicos, el tratamiento anaeróbico del licor de fulardado y de las pastas de estampado previo a un tratamiento aeróbico es eficaz para eliminar el color.

Para lograr un rendimiento equivalente en el tratamiento de un efluente mixto se utilizan las siguientes técnicas:

- tratamientos terciarios después del proceso de tratamiento biológico, como adsorción sobre carbón activo con reciclado de éste en el sistema de lodos activados y destrucción de los compuestos adsorbidos no biodegradables por incineración o tratamiento radical del exceso de lodos (biomasa y carbón activado usado).
- tratamientos biológicos físicos y químicos combinados con la adición de carbón activo y sales de hierro en polvo al sistema de lodos activados con reactivación del exceso de lodos por oxidación húmeda o peroxidación húmeda (si se utiliza peróxido de hidrógeno).
- ozonización de compuestos recalcitrantes antes del sistema de lodos activados.

El efecto medioambiental de una planta de evaporación es muy superior al de una planta de floculación. Sin embargo, el coste inicial de la planta de evaporación parece ser muy superior, y las fábricas pequeñas tardan 4 ó 5 años en completar su amortización (frente al vertido a la red de alcantarillado). Para las fábricas medianas la evaporación es ligeramente más barata que la floculación en un horizonte de 10 años. El empleo de un circuito de eliminación de suciedad/recuperación de grasa combinado con la evaporación otorga todavía más interés a esta opción, ya que puede utilizarse un evaporador más pequeño, con lo cual se reduce la aportación de capital inicial. El circuito de recuperación también permite reducir los costes de explotación, gracias a los ingresos que genera la venta de la grasa (este efecto es más notable en los talleres de descrudado de lana fina). La combinación del circuito de eliminación de suciedad/recuperación de grasa con la evaporación del efluente y la incineración de los lodos, junto con el pleno reciclado de agua y energía, es la mejor opción desde el punto de vista ecológico. Sin embargo, la complejidad de la técnica y el coste de capital inicial la hacen más adecuada para nuevas instalaciones, instalaciones existentes sin tratamiento de efluentes in situ, y para instalaciones que se plantean sustituir su depuradora de efluentes obsoleta.

Los lodos generados por el descrudado de la lana tienen excelentes propiedades técnicas cuando se mezclan con arcilla para fabricar ladrillos. Esta técnica sería más económica que el depósito en vertederos, el compostaje y la incineración.

La gestión y el tratamiento de las aguas residuales se basan en algunos principios generalmente aceptados:

- caracterizar los diferentes flujos de aguas residuales generados por el proceso.
- segregare los efluentes en origen según el tipo y carga de contaminantes, antes de mezclarlos con otros flujos. De este modo se asegura que la instalación de tratamiento reciba únicamente los contaminantes que puede manejar. Además, permite la aplicación de opciones de reciclado o reutilización del efluente.
- asignar los flujos de aguas residuales contaminadas al tratamiento más adecuado.
- evitar la introducción de componentes de las aguas residuales en sistemas de tratamiento biológico cuando puedan causar averías en ellos.
- tratar los flujos residuales que contengan una fracción no biodegradable significativa mediante técnicas adecuadas, antes o en lugar del tratamiento biológico final.

De acuerdo con esto, las técnicas más utilizadas son las siguientes:

- tratamiento de las aguas residuales en un sistema de lodos activados con una baja relación de alimento/microorganismos, con la condición de que los flujos concentrados que incorporen compuestos no biodegradables se sometan a un tratamiento previo por separado.
- tratamiento previo de determinados flujos de aguas residuales individuales, segregados y muy cargados, que contengan compuestos no biodegradables, por oxidación química (por

ejemplo la reacción Fenton). Los flujos de aguas residuales candidatos son licores de fulardado de procesos de tintura y acabado continuos o semicontinuos, baños de descolado, pastas de impresión, residuos de bases de alfombras y baños de tinte y acabado agotados. Determinados residuos específicos de procesos, como las pastas de estampado residuales y los licores de fulardado residuales, son muy agresivos y, en la medida de lo posible, deben mantenerse separados de los flujos de aguas residuales. Estos residuos deben eliminarse de forma adecuada a partir por ejemplo de la oxidación térmica que puede ser una técnica adecuada debido a su alto valor calorífico. En casos específicos de aguas residuales que contengan pasta de estampado pigmentada o látex de bases de alfombras, la precipitación/floculación e incineración de los lodos resultantes es una alternativa viable a la oxidación química.

- tratamiento anaeróbico del licor de fulardado y de las pastas de estampado previo a un tratamiento aeróbico es eficaz para eliminar el color.
 - aplicar tratamientos físico-químicos adicionales para conseguir un rendimiento total equivalente cuando no es posible tratar por separado los flujos de aguas residuales concentradas que incorporen compuestos no biodegradables. Por ejemplo mediante tratamientos terciarios posteriores al proceso de tratamiento biológico (como la adsorción sobre carbono activado con reciclado de éste en el sistema de lodos activados, seguida de destrucción de los compuestos adsorbidos no biodegradables por incineración o tratamiento con radicales libres del exceso de lodos, o también mediante tratamientos biológicos físicos y químicos combinados con la adición de carbón activo y sales de hierro en polvo al sistema de lodos activados, con reactivación del exceso de lodos por oxidación húmeda o peroxidación húmeda (si se utiliza peróxido de hidrógeno).
 - ozonización de compuestos recalcitrantes antes del sistema de lodos activados.
 - tratamiento de efluentes en el descrudado de lanas (proceso acuoso) mediante la combinación de los circuitos de eliminación de suciedad/recuperación de grasa con el tratamiento de los efluentes por evaporación, con incineración integrada de los lodos resultantes y reciclado total de agua y energía.
 - aplicar el tratamiento de coagulación/floculación en las fábricas existentes que ya lo utilicen junto con el vertido al sistema de alcantarillado y tratamiento biológico aeróbico.
- Gestión de agua y energía

El ahorro de agua y de energía suelen estar relacionados en la industria textil, porque el uso principal de la energía es calentar los baños de proceso. Hay que vigilar el consumo de agua y energía en los diversos procesos, junto con el control mejorado de los parámetros de proceso. Se suele utilizar maquinaria con una relación de licor reducida en el procesado discontinuo y técnicas de baja adición en el procesado continuo, aplicando las técnicas para mejorar la eficiencia de lavado. Además, se deben investigar las posibilidades de reutilización y reciclado de agua mediante una caracterización sistemática de la calidad y el volumen de los diversos flujos de proceso.

- Eliminación de lodos

Lodos generados por el tratamiento de las aguas residuales procedentes del descrudado de lana se pueden utilizar en la fabricación de ladrillos o adoptar cualquier otro proceso de reciclado adecuado. Asimismo es posible incinerarlos con recuperación de calor, siempre que se adopten medidas para controlar las emisiones de SO_x , NO_x y polvo, y para evitar las emisiones de dioxinas y furanos generadas por el cloro orgánico de los plaguicidas que los lodos puedan contener.

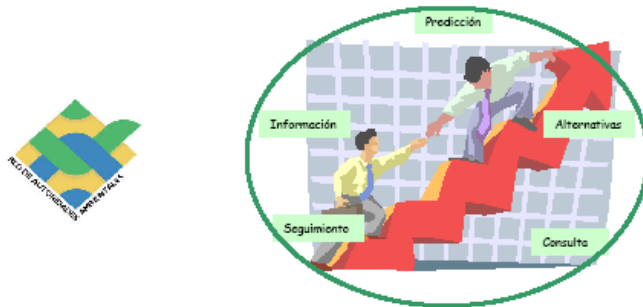
Bibliografía

- Departamento de Medio Ambiente del Banco Mundial. Libro de Consulta para Evaluación Ambiental. Volumen I, II y III. Políticas, Procedimientos y Problemas Intersectoriales. 2007.
- OCDE.” La Evaluación Ambiental Estratégica. Una Guía de Buenas Prácticas en la Cooperación para el Desarrollo”. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.2007.
- 1984, “Occupational Health and Safety Guidelines”.
- 1989, Boletín Técnico 93 “The Safe Disposal of Hazardous Wastes”.
- Joana Yarrow. “Eco-lógico”, únete al debate medioambiental”. Ed. Blume. 2010.
- Joana Yarrow. “365 soluciones para reducir tu huella de carbono”. Ed. Blume. 2009.
- Joana Yarrow. “1000 maneras de salvar el planeta”. Ed. Grijalbo. 2008.
- Ariño y asociados. “Guía de buenas prácticas ambientales”. Ecoturis. 2007.
- www.energias-renovables.com
- www.idae.es
- www.unesa.es
- www.europa.eu.int
- www.ince.es
- www.enbuenasmanos.com
- www.h2house.org
- www.agua-dulce.org
- www.wwf.es
- www.inforjardin.com
- www.ecodes.org
- www.hispagua.cedex.es
- www.ecoembes.com
- www.sigre.es
- www.ecovidrio.es
- www.aluminio.org
- www.tecnociencia.es
- www.aenor.es
- www.greenpeace.es
- www.vidasana.org
- www.consumoresponsable.com

- Vicente Conesa Fdez.-Vitoria. “Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental”. AMV Ediciones. 2010.
- Domingo Gómez Orea y M. Gómez Villarino. “Consultoría e Ingeniería Ambiental”. 2007.
- Domingo Gómez Orea. “Evaluación Ambiental Estratégica”. 2007.
- P. Caratti y otros. “Evaluación Ambiental Estratégica Analítica”. 2007.
- Domingo Gómez Orea. “Evaluación de Impacto Ambiental”. 2002.
- www.mma.es
- www.gem.gr.jp (Red Mundial de Etiquetado Ecológico).
- Daniel Goleman. “Inteligencia Ecológica”. Ed. Kairós. 2009.
- Xavier Domenéch. “Química Ambiental. El Impacto de los Residuos”. Miraguano ediciones. 1998.
- Isabel Otero Pastor y otros. “Impacto Ambiental en Carreteras. Evaluación y Restauración”. Asociación Española de la Carretera. 1999.
- Antono Erias Rey y J. M. Alvarez-Campana Gallo. “Evaluación Ambiental y Desarrollo Sostenible”. Ed. Pirámide. 2007.
- Waldemar Hopfenbeck. “Dirección y Marketing Ecológicos”. Ediciones Deusto.1993.
- Kit Sadgrove. “La ecología aplicada a la empresa”. Ediciones Deusto.1993.

Anexos

Anexo 1. Guía de Evaluación Ambiental del Ministerio De Medioambiente (MMA)



Evaluación ambiental de la Programación 2007-2013

Guía para los responsables de la Planificación

Noviembre 2004



FONDO EUROPEO DE
DESARROLLO REGIONAL (FEDER)



Anexo 2. Guía de Evaluación Ambiental Estratégica de la OCDE

Directrices y obras de referencia del CAD

La Evaluación Ambiental Estratégica

UNA GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS
EN LA COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO



ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS

Evaluación ambiental.indd 1

24/07/07 18:28:54

Anexo 3. Nota Técnica sobre Evaluación Ambiental y Prevención de Desastres del Banco Mundial

HERRAMIENTAS PARA LA INTEGRACIÓN DE LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

Evaluación ambiental

Nota de orientación 7

Las Herramientas para la integración de la reducción del riesgo de desastres abarcan una serie de 14 Notas de orientación destinadas a organizaciones de desarrollo que deseen adaptar sus herramientas de programación, valoración inicial y evaluación de proyectos, para integrar la reducción del riesgo de desastres en sus actividades de desarrollo en países altamente expuestos a fenómenos extremos. Las Notas también son útiles para quienes trabajan en el ámbito de la adaptación al cambio climático.

Esta Nota de orientación se centra en la evaluación ambiental, el punto de partida habitual en el diseño de un proyecto para explorar las amenazas naturales y el riesgo que de ellas se deriva. La Nota orienta sobre cómo analizar las consecuencias de posibles proyectos en lo relativo al riesgo de desastres a través del impacto de los mismos en el medio ambiente. Además, expone cómo examinar la amenaza potencial que los fenómenos naturales plantean para los proyectos, tanto para los proyectos de desarrollo en zonas altamente expuestas a fenómenos extremos como, de forma más resumida, para las operaciones de socorro y rehabilitación después de los desastres. La Nota se dirige principalmente a organizaciones de desarrollo, pero es útil también para el personal gubernamental y de organizaciones privadas que trabaje en el diseño de proyectos.

Ha sido preparada conjuntamente por ProVention Consortium y el Banco de Desarrollo del Caribe (BDC). El apartado 2 de la misma se basa en el documento Sourcebook on the Integration of Natural Hazards into Environmental Impact Assessment (EIA); NHIA-EIA Sourcebook, publicado en 2004 por el BDC y la Comunidad del Caribe (CARICOM).

1. Introducción

La evaluación ambiental de proyectos y programas se ha convertido en una práctica comúnmente aceptada. Actualmente, la mayoría de las organizaciones de desarrollo y un número creciente de países colaboradores exigen que todos los proyectos sean sometidos a alguna forma de examen ambiental, una medida considerada como un componente clave del proceso de valoración inicial. Básicamente, el propósito es examinar las consecuencias –beneficiosas y perjudiciales– que el proyecto puede tener para el medio ambiente y asegurar que se tengan debidamente en cuenta durante el diseño del proyecto.

Es esencial que la evaluación ambiental tenga presentes las amenazas naturales y el riesgo correspondiente. El estado del medio ambiente es uno de los principales factores que determinan la vulnerabilidad a los fenómenos naturales extremos. Hoy en día, se reconoce de forma generalizada que, en caso de desastre, la degradación ambiental exacerbaba las pérdidas humanas, materiales y económicas. Por ejemplo, en muchos países, la deforestación altera las cuencas hidrográficas y favorece la acumulación de sedimentos en los lechos de los ríos, lo que desemboca a su vez en sequías e inundaciones más graves. Además, esa creciente acumulación de sedimentos en deltas de ríos, bahías y golfos, junto con la destrucción de manglares, arrecifes y otras estructuras naturales de protección, incrementan la exposición a las mareas de tormenta y la intrusión del agua de mar. Por otra parte, la deficiente gestión del uso de la tierra, las prácticas agrarias no sostenibles y la degradación general del suelo contribuyen también a incrementar las pérdidas debidas a inundaciones y a aumentar la incidencia de las sequías.

A fin de corregir esta tendencia de aumento de las pérdidas ocasionadas por los desastres, y también para responder al incremento previsto de la frecuencia e intensidad de los eventos climatológicos asociados al cambio climático, es imprescindible no sólo reducir la degradación ambiental sino también estudiar cuidadosamente, como parte del proceso de evaluación ambiental, las consecuencias de posibles proyectos en lo relativo a los desastres y tener en cuenta

Nota de orientación 7 