



DIAGNOSTICO AMBIENTAL Metodología aplicable a vertidos líquidos

Uno de los objetivos actuales en la mejora de la calidad del Medio Ambiente consiste en la protección del medio hídrico tanto superficial como subterráneo, continental como marítimo, frente a los vertidos urbanos e industriales que, cargados de sus-

de estas iniciativas, aplicadas adecuadamente, es la evolución hacia tecnologías limpias no contaminantes.

Entre tanto, la aplicación de restricciones de vertido a actividades industriales ya existentes provoca desorientación en la dirección de



D. JORGE LANDALUCE ELVIRA
D. MANUEL ROMERO ALARCON
*Centro de Higiene Ambiental CEHAM
Instituto Tecnológico de Seguridad
MAPFRE, ITSEMAP*

tancias no biodegradables y potencialmente tóxicas, deterioran su calidad y reducen su utilidad para diversos usos.

Las medidas políticas afectan al sector industrial limitando su libertad de vertido y obligando a desarrollar medidas que tiendan a reducir la contaminación.

Es evidente que el fin primordial

muchas empresas, en parte por desconocimiento del problema y en parte por incapacidad de dar respuesta a la demanda exigida.

OBJETIVOS

Tratando de dar respuesta a la problemática expuesta se ha desarrollado una metodología de tra-

bajo en diagnóstico ambiental destinada a cumplir diversos objetivos como apoyo a la toma de decisiones:

Objetivos jurídicos

El diagnóstico ambiental trata de conocer la situación de la empresa ante la normativa legal vigente, al tiempo que sirve de base para generar diversas alternativas de solución.

Es de destacar el grado de complejidad de la legislación ambiental debido, principalmente a dos factores:

- Existencia de distintos niveles legislativos, Internacional (CEE), Nacional, Autonómico y Local.
- Diversidad de gestión por parte de múltiples organismos de la administración.

Un conocimiento preciso de las diversas competencias y del rango jurídico de la normativa vigente ayuda a desarrollar estrategias de gestión que sintonicen con las políticas ambientales.

Objetivos técnico-económicos

No cabe duda que una solución global al problema de la contaminación implica abandonar tecnologías obsoletas e implantar otras nuevas poco contaminantes. Un estudio de diagnóstico ha de permitir identificar, desde un punto de vista ambiental, aquellas operaciones desechables por su alto grado de producción de residuos y evaluar alternativas menos contaminantes y más conservadoras en consumo de energía y materias primas.

Es especialmente interesante el conocimiento de los programas de subvenciones, tanto estatales como comunitarias, para el desarrollo e implantación de nuevas tecnologías.

Al mismo tiempo, el criterio económico ha de ser tenido en cuenta a la hora de plantear un enfoque racional del problema. Un estudio detallado del coste de nuevas inversiones, mantenimiento de instalaciones y pago de tasas y cánones de vertido, debe servir para seleccionar con un criterio realista la mejor alternativa entre las planteadas.

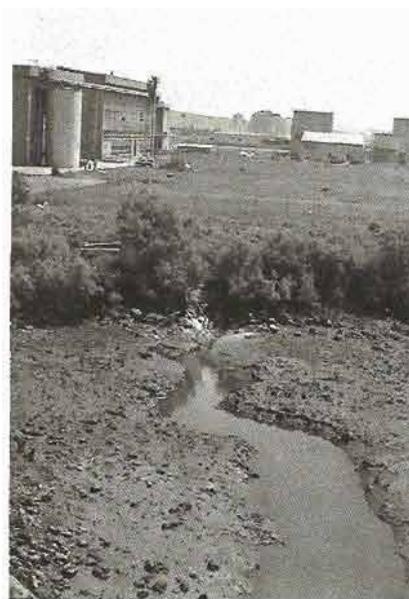
En la mayor parte de los casos es innecesario pretender llegar al vertido cero, pues el coste marginal no compensa el beneficio ambiental marginal.

A menudo es suficiente reducir la carga contaminante en una cierta cantidad que permite reducir el canon de vertido y no causa alteraciones significativas en el medio receptor gracias a la capacidad de autodepuración de este último.

Objetivos sociales

No olvidemos también que el objetivo de la empresa es, fundamentalmente, social. Una desvinculación de ésta respecto al entorno que la rodea y a sus inquietudes y demandas, origina un aislamiento negativo para la propia subsistencia de la empresa.

Por tanto, el estudio de diagnóstico debe servir como vehículo de comunicación entre empresa y entorno.



Identificación de focos y agentes contaminantes

En una primera etapa se realiza un examen exhaustivo de las instalaciones industriales en busca de los procesos y operaciones que producen contaminación. De manera ge-

CONTENIDO Y METODOLOGIA DEL DIAGNOSTICO AMBIENTAL

En la figura 1 se esquematiza el desarrollo de un estudio de este tipo.

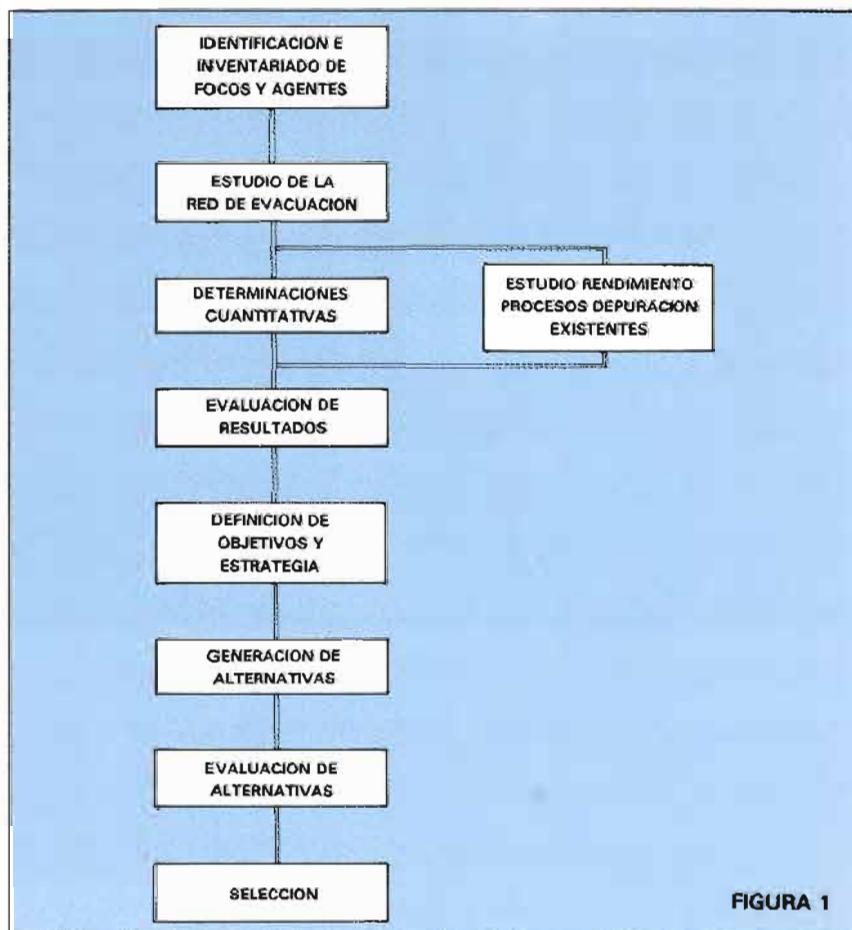
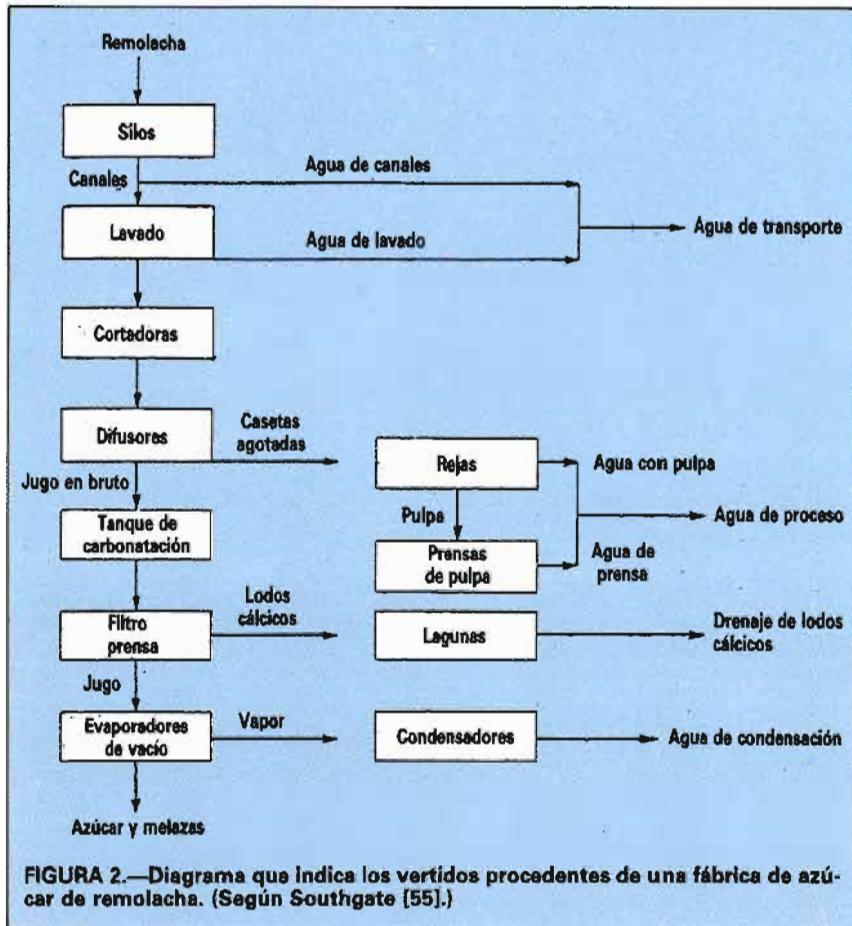


FIGURA 1



neral, los focos de contaminación son:

- Los procesos de fabricación con sus operaciones unitarias correspondientes.
- El almacenamiento y las operaciones de trasvase de materias primas, productos o residuos.
- Operaciones de mantenimiento.
- Residuos diversos (de procesos de depuración de gases, sanitarios, etc.).

Por ejemplo, en una fábrica de azúcar de remolacha hay cinco fuentes de contaminación (Fig. 2).

- El canal de transporte, que se utiliza para lavar las remolachas y transportarlas desde los montones apilados en la fábrica hasta el lugar en que son sometidas al tratamiento.
- La clasificación y las prensas de pulpa.
- El proceso de carbonatación que genera lodos cálcicos.
- Los sistemas de evaporación y vacío utilizados para concentrar la solución de azúcar.
- La extracción de azúcar de las melezas mediante el proceso Steffen.

Estos procesos originan aguas residuales y lodos en los que se identifican agentes contaminantes como: DBO₅, sólidos, aceites y grasas, alcalinidad, nitrógeno, temperatura, color, turbidez, espumas, etc.

No obstante, la evidente similitud entre los residuos aportados por los diferentes procesos existen diferencias importantes entre unos y otros, factor fundamental a la hora de generar alternativas de tratamiento.

Hay que destacar la incidencia que las operaciones de mantenimiento tienen muchas veces en las cargas contaminantes. Operaciones de lavado de tanques y recipientes, y vertidos de sustancias como detergentes, aceites usados, etc., alteran circunstancialmente las características de los vertidos y han de ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar un proceso de depuración, especialmente si consta de sistema biológico, muy sensible a orgánicos tóxicos y metales.

Otra fuente, en ocasiones muy importante, de aguas residuales son las aguas procedentes de procesos de depuración de gases. Por ejemplo, el lavado de 80.000 m³/hora de

Un estudio preciso de la situación ambiental permite el planteamiento de medidas de control más adaptadas a las reales necesidades de la empresa.

gas con un contenido de 8.000 mg/m³N de SO₂, provoca el vertido de 921 m³/día de agua residual de pH próximo a 1. No hay que olvidar, por tanto, que el traslado de residuos de un medio a otro no suele ser buena solución en la mayoría de los casos. En el ejemplo que consideramos, el problema se enfoca reciclando agua y neutralizando con sosa.

Estudio de la red de evacuación

El conocimiento preciso de la red de evacuación de los vertidos es un factor fundamental para:

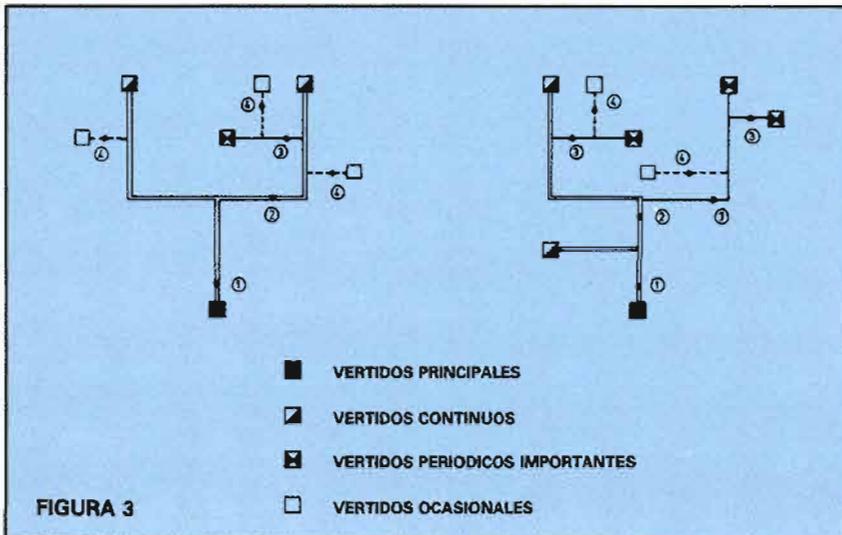
- Desarrollar una estrategia de evaluación adecuada.
- Generar estrategias de control.

Es conveniente disponer de un plano de la red donde se señalen los focos contaminantes y el carácter continuo, periódico u ocasional de los vertidos, las canalizaciones del agua residual y las arquetas disponibles para la toma de muestras y la medida de caudales.

En esta fase del estudio identificaremos los puntos de vertido final y su disposición espacial respecto al medio receptor.

ELABORACION DE LA ESTRATEGIA DE MUESTREO

En esta fase se tratará de establecer dónde, cuándo y cómo muestrear.



El diagnóstico ambiental clarifica la situación de la empresa respecto a la normativa legal.

Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo deben localizarse y clasificarse según criterios de importancia que permitan el máximo conocimiento de los vertidos con el mínimo número de muestras.

La localización de los puntos debe hacerse comenzando por la situación de los puntos de vertido final sobre el plano de la red de evacuación. Estos quedarán definidos como *puntos primarios* o principales (punto 1 en la fig. 3).

En segundo lugar, debe definirse la red básica, que estará constituida por los vertidos continuos y aquellos vertidos periódicos que puedan suponer una variación importante en las características de los primeros.

En esta red se situarán los *puntos secundarios* (punto 2 en la fig. 3), aguas abajo de otros vertidos ocasionales o periódicos, de forma que se pueda detectar la influencia de éstos.

En la red básica se pueden situar (n-1) puntos de muestreo, donde n es el número de ramales que se reúnen en un nudo, quedando definido el ramal restante por diferencia.

Puntos terciarios (puntos 3 en la fig. 3) son aquellos situados en ramales de menor importancia y que recogen información de varios vertidos periódicos, ocasionales o continuos de escasa relevancia.

Por último, los *puntos cuaternarios* coincidirán con aquellos vertidos independientes que es necesario definir para conocer su evolución a lo largo de la red de evacuación.

Tiempo y método de muestreo

La variable tiempo se define en función de:

1. Periodicidad del vertido.
2. Variaciones en la composición.
3. Variación de los caudales.

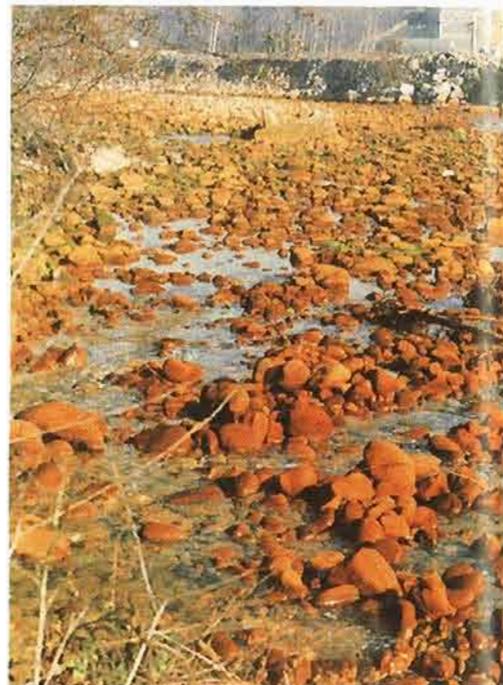
Una vez caracterizada la evolución con el tiempo del agua residual en el punto de muestreo, se deberá proceder a la fijación de las siguientes variables:

1. Periodicidad del muestreo.
2. Frecuencia de la toma.
3. Volumen de muestra a tomar.
4. Integración de las muestras.

Las estimaciones sobre la composición cualitativa de la muestra son muy importantes en esta fase, influyendo no sólo en el correcto planteamiento del muestreo, sino en el éxito de la campaña analítica, como se comprobará en el siguiente capítulo.

Estas estimaciones pueden ser mejor aprovechadas si se reflejan de forma gráfica y resumida sobre el propio plano de la red de evacuación. Esto puede realizarse mediante la asignación de códigos sencillos a las características del agua que fluye a través de cada ramal, debiendo especificar datos como: caudal, pH, sustancias minerales, tóxicas u orgánicas, aceites y sólidos.

Una valoración subjetiva de cada uno de ellos y su representación mediante, por ejemplo, un número, puede facilitar enormemente la tarea analítica y el conocimiento de la evaluación de los vertidos.



DETERMINACION CUANTITATIVA DE CARGAS CONTAMINANTES Y DEL RENDIMIENTO DE LOS PROCESOS DE DEPURACION EXISTENTES

La determinación de las concentraciones de agentes contaminantes y de las cargas de contaminación contempla las siguientes etapas: Medidas de caudales, toma de muestras y determinaciones analíticas.

Medida de caudales

La medida de caudales, con ser simple en su concepción, resulta a

veces una tarea complicada, casi siempre debido a las dificultades para poner en práctica sobre el terreno los distintos procedimientos conocidos.

Entre los procedimientos más empleados figuran: volumétrico, por flotadores, por vertederos, por orificios sumergidos, por estrangulación de la corriente, por disoluciones, por molinete, por ultrasonidos, etc.

En instalaciones fijas, los procedimientos tradicionales están dando paso a la utilización de equipos de ultrasonidos que miden velocidad de la línea de agua y altura y mediante dispositivos electrónicos lo transforman en caudal. Para medidas eventuales de caudales con

equipos portátiles se utilizan también medidores de velocidad por ultrasonidos, el más tradicional del molinete, o la técnica de las disoluciones.

En definitiva, trataremos de calcular con los datos obtenidos, el caudal de los puntos de muestreo que permita evaluar las cargas contaminantes.

Toma de muestras

La toma de muestras es una operación más complicada de lo que pudiera considerarse. La muestra puede ser simple o compuesta, dependiendo de su representatividad, puede tomarse de forma manual o automática, y puede ser dependiente o independiente del caudal. La técnica elegida deberá permitir que la muestra recogida represente fielmente las características de la corriente en el período de muestreo, y al mismo tiempo represente un compromiso entre obtención de máxima información y limitaciones económicas.

Dependiendo de los parámetros que se vayan a determinar en el laboratorio, aspectos como volumen de muestra, tipo de envase y forma de conservación deberán ser tenidos en cuenta. Los métodos comunes de conservación, refrigeración, cambios de pH y adición química, pueden ser suficientes para que la muestra llegue al laboratorio sin alteraciones en las concentraciones de los parámetros a analizar, estando limitado el período de conservación para la mayoría de éstos a un intervalo que oscila entre veinticuatro y cuarenta y ocho horas.

Determinaciones analíticas

El conocimiento de las concentraciones en que se encuentran los agentes contaminantes, conjugado con las medidas previas de caudal permitirá evaluar la carga contaminante global.

El análisis de aguas residuales tropieza fundamentalmente con cuatro dificultades:

1. La existencia de numerosos compuestos químicos en disolución, generalmente en concentraciones elevadas, así como materia en suspensión o sedimentada.
2. Los elementos se pueden en-

contrar formando diferentes compuestos, dependiendo fundamentalmente de la matriz.

3. Posible existencia de compuestos incompatibles en solución.
4. Por lo general, la población biológica existente en la muestra es elevada, excepción hecha de los medios tóxicos.

Esto afecta al análisis desde dos puntos de vista principalmente:

- Automodificación de la composición de la muestra con el tiempo.
- Producción de interferencias en el análisis.

El primer problema puede solventarse conjugando los siguientes factores:

- a) Conservación y transporte de la muestra en condiciones apropiadas.
- b) Planificación correcta de la campaña analítica, estableciendo criterios de urgencia para los parámetros que lo requieran.

El segundo problema se debe solucionar por medio del conocimiento cualitativo previo de la muestra lo más exacto posible. Esto permitiría elegir el tipo de pretratamiento adecuado para cada efluente y cada parámetro, o bien recurrir a técnicas analíticas alternativas.

Volumetrías, gravimetrías y técnicas como espectroscopía (UV, IR, Absorción atómica, etc.) y cromatografía (GC, HPLC) son los instrumentos más frecuentes para el conocimiento cuantitativo de la composición de las muestras. Otras técnicas más generales, como destilación, extracción, precipitación o complejación son frecuentemente aplicadas a la eliminación de interferencias.

Una parcela del diagnóstico ambiental consiste en el análisis del funcionamiento de los sistemas empleados en la depuración. Aspectos como estado general de las instalaciones y equipos, suministro de reactivos, parámetros de control de proceso, funcionamiento de monitores automáticos y normas de control y mantenimiento deben ser estudiados en profundidad.

La evaluación del rendimiento requiera también un estudio de la composición del agua en la entrada y la salida de la depuradora.



Con el diagnóstico ambiental se pueden plantear alternativas que supongan ahorro de agua y reciclaje de subproductos.

OBJETIVOS Y CRITERIOS

A partir de los datos recogidos o determinados como resultado de los estudios, la empresa debe fijar los objetivos a alcanzar y la política a desarrollar para conseguirlos.

Los objetivos vienen marcados desde el exterior atendiendo fundamentalmente, a dos facetas: una legislativa, otra social.

La primera faceta se explica desde el punto de vista de conseguir situar las concentraciones de contaminantes por debajo de los valores recogidos en la legislación.

La segunda faceta se enfoca desde el punto de vista de la propia función social de la empresa, cuyos vertidos no deben alterar de manera sustancial el medio ambiente.

La política a desarrollar no es más que el camino a seguir para conseguir los objetivos anteriormente expuestos, según los criterios técnicos y económicos más favorables para la empresa.

Entre estos criterios pueden figurar los siguientes:

- Ahorro de consumo de agua y de energía.
- Reutilización de instalaciones ya existentes.
- Recuperación de subproductos.
- Ahorro de tasas y cánones.
- Reducción de cargas contaminantes.
- Acceso a subvenciones o financiación, etc.

GENERACION DE ALTERNATIVAS

Una vez fijados los objetivos y estrategias, para su puesta en práctica será preciso, partiendo de los datos obtenidos en las primeras etapas, generar las diversas alternativas de control técnicamente viables.

En esta etapa se elaboran anteproyectos de ingeniería, calculándose los costes económicos de cada uno. En general las medidas pueden agruparse en dos grandes grupos:

- *Modificaciones en planta*, tales como segregación de vertidos, retención de aguas residuales, mezcla de vertidos, cambios en la producción para reducir residuos, eliminación de descargas intermitentes, reutilización de vertidos industriales como agua bruta, recuperación de subproductos, control de los vertidos, modificaciones en el equipo industrial, etc.

TABLA I

MODIFICACIONES EN PLANTA EN LA FABRICACION DE PASTAS QUIMICAS

- Incineración de lejías negras en hornos o calderas.
- Instalación de un horno de cal para transformar el carbonato cálcico producido en las fase de caustificación en óxido cálcico reutilizable.
- Tratamiento y recuperación de condensados secundarios para su reutilización en la preparación de las lejías blancas para cocción.
- Reutilización, para lavado, de las aguas de dilución empleadas para la depuración final de la pasta, mediante instalación de espesadores y recuperadores de fibras.
- Utilización del sobrante de aguas blancas del prensapastas, o de la máquina de papel en caso de fábricas integradas, para el lavado o dilución de la pasta antes de la cloración.
- Recirculación de todas las aguas de refrigeración y sellado de las distintas máquinas.
- Instalación de un depósito de volumen adecuado para recoger el lavado ocasional o periódico de los fondos de los diversos tanques o lejías.

- *Tratamiento de efluentes*, mediante procedimientos mecánicos, físico-químicos, químicos y biológicos.

La tecnología de las modificaciones en planta tiende a reducir al mínimo el consumo de agua por unidad de producto y a minimizar la carga contaminante previa al tratamiento final del efluente antes de su vertido al cauce receptor. La aplicación de estas medidas será mucho más fácil en fábricas modernas que en instalaciones antiguas en alguna de las cuales la simple construcción de depósitos para la recogida y posterior recirculación de las aguas supone una inversión superior al coste real o actualizado de sus instalaciones productivas.

Como ejemplo, a este grupo, algunas de las modificaciones en planta que podrían instaurarse en la fabricación de pastas químicas al sulfato o a la sosa se indican en la (tabla 1).

Al margen de las medidas internas comentadas, puede ser preciso la utilización de un conjunto de operaciones unitarias específicas del tratamiento, con el fin de adecuar los vertidos a la normativa legal y reducir en lo posible costes de contaminación. Atendiendo a las necesidades de depuración y a la composición química de las aguas, se seleccionan los sistemas de tratamiento teóricamente factibles y con los parámetros de diseño se realiza el anteproyecto y un cálculo estimativo del coste de la inversión y de operación.

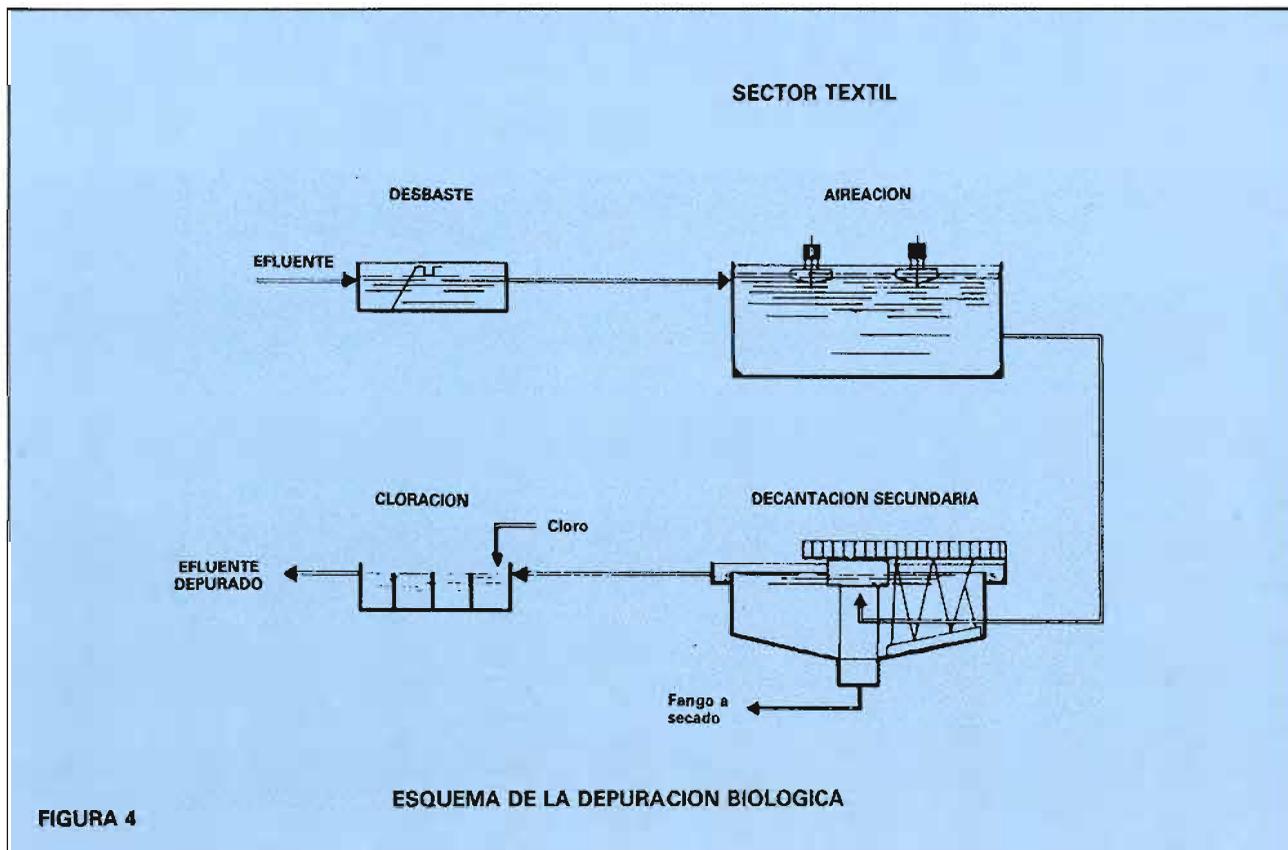
EVALUACION ECONOMICA DE LAS ALTERNATIVAS

La evaluación de cada una de las alternativas desde un punto de vista económico, permitirá seleccionar la que cumpla los objetivos previstos a menor coste.

A este respecto cabe señalar la tendencia a aplicar medidas radicales (como cambio de los sistemas de tratamiento o ampliación de éstos) sin haber realizado antes un estudio de alternativas de modificaciones internas y estudio de costes.

Como ejemplo, supongamos una industria láctea que vierte 250 m³/día de aguas residuales tras su tratamiento mediante un proceso de depuración biológica con una DBO₅ de 150. Estas aguas se juntan antes

En muchas ocasiones es suficiente adoptar modificaciones en planta que económicamente son más ventajosas que la implantación de sistemas de depuración.



del vertido con las aguas de refrigeración con caudal 1750 m³/día, dando una DBO₅ final de 20 mg/l y un caudal de 2.000 m³/día. Al aplicar el reglamento de la Ley de Aguas, y para la industria ubicada en la Clase 3, los valores corresponden a la tabla 3, resultando un canon de vertido de 1.200.000 Ptas/año. Si la empresa reciclara el agua de refrigeración y aumentara el rendimiento de la depuración hasta valores inferiores a 40 mg/l, el canon de vertido sería tan sólo de 160.000 Ptas/año.

Por tanto, medidas «blandas» como éstas, pueden suponer un importante ahorro económico, sin contar el ahorro obtenido en el consumo de agua.

Pero en muchas ocasiones es preciso, como última alternativa, instalar un sistema de depuración. En este caso debe realizarse, antes de la selección definitiva, un estudio cuidadoso del rendimiento de depuración esperado, costes de inversión y de operación previstos y ahorro conseguido en el canon.

Permítasenos poner un ejemplo representado en la figura 4:

Una fábrica de tintura y acabado de hilatura con una producción de 8 Tm/día y un caudal de vertido de 1.300 m³/día, debe instalar un sistema de depuración de sobrepasar el límite establecido para la DBO₅. Si se eligiera el aprovechamiento biológico representado en la figura 5 se reduciría la DBO₅ en un 90 por 100, a 40 mg/l. O₂. Los costes de operación de la instalación se situarían en torno a cuatro millones de pesetas anuales.

CONCLUSION

La resolución de un problema de contaminación ambiental exige, en primer lugar, un perfecto conocimiento de la situación de partida, y, en segundo lugar, una valoración técnico-económica de las posibles alternativas con el objetivo de disminuir consumos, recuperar subproductos y rentabilizar los sistemas de depuración. Un enfoque multidisciplinar es imprescindible para cumplir los objetivos que la dirección de la empresa y la sociedad demandan en defensa de la calidad de vida. ■

