

Capítulo 23

Minimización de Residuos Industriales

1. INTRODUCCIÓN

Reducir la cantidad de residuos que genera una instalación industrial, constituye, hoy en día, uno de los grandes retos con los que las empresas se enfrentan, para conseguir, así, mejorar su balance económico y la imagen de respeto ecológico en el que gran parte de ellas fundamentan su estrategia comercial.

Reducir residuos no es solamente dejar de producirlos. Sabemos que actualmente la tecnología permite producir más y mejor, pero no es menos cierto que, en mayor o menor cantidad, aparecen materiales residuales que a primera vista solo acarrear inconvenientes al industrial, que tendrá que conseguir desprenderse de ellos al menor coste posible, cumpliendo, a la vez, la normativa medioambiental en vigor. Si hace algunos años las exigencias para una gestión correcta de los residuos eran mínimas por no decir inexistentes, hoy en día pagamos las consecuencias de esta falta de conciencia colectiva, al detectar gran cantidad de zonas contaminadas en todo el país, que está obligando a dedicar amplios presupuestos a labores de regeneración de suelos y acuíferos que se han visto degradados por depósitos incontrolados de residuos de procedencia industrial.

En el presente capítulo vamos a intentar esquematizar un camino, entre otros que pueda haber, que nos permita conocer las posibilidades de reducir la aparición final de materiales no deseables, bien porque, no se produzcan, o bien porque utilizando la tecnología adecuada y sin olvidar el rendimiento económico y/o social, los desechos que se van generando a lo largo del proceso son recuperados mediante técnicas de reciclado y reutilización que permitan su aprovechamiento en el mismo proceso industrial o en otros fuera de las instalaciones donde fueron generados. En suma, y utilizando una terminología, que si no la más adecuada, si puede de alguna forma englobar esta actitud cada vez más amplia del industrial, nos encontramos ante una nueva filosofía a la que se conoce como MINIMIZACIÓN. Esta filosofía exige a todos los individuos que integran la empresa, desde la dirección al último operario del proceso productivo, a realizar un esfuerzo continuado, que básicamente va a consistir en actuar de forma coherente con lo que en conciencia deben conocer todos: ¿Qué se produce?, ¿Para qué se produce?, ¿De qué forma incide una actuación personal, adecuada o no adecuada, en la producción de residuos y en el medio ambiente?. Este conocimiento le aportará al individuo un grado de responsabilidad personal y colectivo, que indudablemente debe repercutir, junto con medidas organizativas y económicas, en la adopción por la empresa de técnicas de REDUCCIÓN, RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN.

1.1. Formas de minimización.

Antes de entrar en las distintas formas de minimización, conviene recordar que la aplicación de esta filosofía en la industria conlleva la utilización de una técnica que

básicamente consiste en la adopción de medidas organizativas y operativas que permitan disminuir la producción de residuos, hasta niveles que técnica y económicamente sean asumibles.

Parece oportuno comentar que todo proceso minimizador tiene sus límites reales, unas veces económicos y otros técnicos, que de alguna forma nos recuerdan que, por ahora, los residuos van a seguir apareciendo algunos en menor cuantía, pero otros incluso se verán incrementados.

Existen tres formas o niveles en la aplicación de técnicas de minimización: Reducción en origen, Reciclaje y Reutilización.

- REDUCCIÓN EN ORIGEN

Es sin duda la técnica que requiere un mayor esfuerzo de concienciación por parte de todos los componentes de la empresa ya que con la adopción de buenas prácticas a todos los niveles, evitando actitudes rutinarias, es posible conseguir una producción industrial con menos desechos. Pero no es éste el único camino a tomar para evitar la generación de residuos, ya que es posible que el problema radique en el diseño del proceso productivo, quizás obsoleto tecnológicamente o mal calibrado, que incide de manera importante en el rendimiento de la instalación; en este caso se deberán realizar las modificaciones técnicas necesarias para conseguir, así, un balance de materia y energía óptimo. Por último, un tercer punto en el que habría de incidirse para reducir la aparición de residuos, es en la materia prima que se utiliza en el proceso. Deberá vigilarse su calidad y la adecuación a las condiciones en las que deberá ser procesada, evitándose, de este modo, alteraciones en sus propiedades que repercutirán, sin duda, en la calidad del producto final y por tanto en la aparición de nuevos residuos al no poder superar los controles de calidad establecidos.

- RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN

Son dos formas de minimización de residuos que agrupan técnicas muy variadas según el tipo de residuo de que se trate.

En primer lugar habría que definir claramente que entiende la normativa básica de residuos peligrosos como Reciclaje y Reutilización. Así, se considera RECICLAJE aquel proceso de recuperación de los componentes de los residuos, reintegrándolos al ciclo productivo con su fin inicial u otros fines distintos; REUTILIZACIÓN, siendo igualmente un proceso recuperador su reentrada en el ciclo productivo del material se reproduce con el mismo fin para el que fue diseñado originariamente.

Estas posibilidades que tiene el productor de residuos deberá valorarlas en sus justos términos a la hora de decidir las líneas de acción minimizadoras.

1.2. Objetivos.

En un proceso minimizador de residuos confluyen distintos objetivos dependiendo de quien sea el promotor del mismo. Así, la Administración buscará **resolver el problema** provocado por la aparición de los residuos. Cuanto menos residuos se produzcan menor riesgo en su gestión y mayor facilidad en su control.

Por otra parte, la empresa buscará alcanzar otros objetivos acordes con su actividad principal que no es otra que la de producir con rendimiento económico. Así, intentará **mejorar su imagen** en un tema en el que actualmente la sociedad se encuentra particularmente sensibilizada, como es la conservación del medio ambiente. Pero también buscará **reducir costes** que pueden ser incluso eliminados del balance del proceso productivo. Por último y como consecuencia del objetivo anterior, el empresario dirigirá su acción minimizadora a conseguir **mejorar la competitividad** de sus productos ya que podrá acceder a los mercados a precios seguramente inferiores.

1.3. Factores que conducen a la minimización.

Efectivamente cuando el productor del residuo decide poner en marcha acciones minimizadoras, los objetivos surgen sin demasiado esfuerzo. Pero, ¿qué mueve a la empresa productora a plantearse la necesidad de modificar su proceso productivo una vez optimizado y con un balance asumido?. Sin duda aparecen tres factores a considerar; en primer lugar la promulgación de **normas legales cada vez más exigentes** que obligan a la empresa productora de residuos a ajustarse a su articulado, en temas que en algunos casos no parecen casar demasiado bien con la actividad real, al propiciar soluciones no siempre disponibles o asumibles por la pequeña o mediana empresa. En segundo lugar, la Administración ejerce cada vez un **control más estricto** como resultado de contar con medios más eficaces en el campo informático. Por último el industrial busca soluciones para abaratar los **altos costes de gestión** de los residuos.

Llegados a este punto cabría preguntarse, ¿como poner en práctica las medidas, que desde todos los sectores se demandan, para reducir la generación de residuos?. Se podrían dar múltiples soluciones a la cuestión planteada, seguramente todas coincidentes en lo esencial como es, reducir en mayor o menor medida la producción de residuos. No obstante la propuesta que parece más coherente es aquella que se base en el conocimiento en profundidad de la actividad productiva desde el punto de vista técnico, económico, del personal, mantenimiento, etc., planteando después, distintas soluciones. Este chequeo a la actividad o auditoría, junto con la implantación de

Buenas Prácticas, conformarían un **plan de minimización** del que hablaremos con detenimiento a lo largo del presente capítulo.

2. PLAN DE MINIMIZACIÓN

Convencidos de la necesidad, cada vez mas perentoria, de reducir la cantidad de residuos generados, porque así lo reclama la sociedad y en muchos casos la propia subsistencia de la empresa, entre otras soluciones, optamos por aplicar un Plan de Minimización, pero antes de entrar en su estructura, es imprescindible, como en otros casos, definir aquellos conceptos que de una u otra forma salen a relucir al analizar su implantación.

2.1. Definiciones.

- Auditoría Ambiental

Análisis sistemático del estado de cumplimiento de la normativa medioambiental en la industria.

- Auditoría de Residuos

Análisis de una instalación para identificar la totalidad de los flujos de residuos que se generan, las fuentes, las causas de su generación y el coste de su gestión.

- Plan de Minimización

Organización de medios humanos y técnicos de una empresa, con el objetivo de sustituir, en lo posible, la gestión clásica de residuos, mediante sistemas de tratamiento y eliminación al final del proceso, por prácticas de reducción, reciclaje y reutilización.

- Proceso Productivo

Conjunto de operaciones mediante las cuales se transforma la materia prima virgen y/o secundaria, en productos comercializables.

- Producto Peligroso

Producto utilizando o elaborado en un proceso productivo, al que se puede aplicar alguno o más de uno, de los siguientes calificativos: explosivo, comburente,

inflamable, irritante, nocivo, tóxico, cancerígeno, corrosivo, infeccioso, teratogénico y mutagénico.

- Reducción en origen

Disminución del volumen o la peligrosidad de los residuos o materias primas secundarias generados, por medio de las Buenas Prácticas y/o por la puesta en marcha de un Plan de Minimización.

- Materias primas secundarias

Todo material que se genera como consecuencia, no deseada, de una actividad industrial destinada a la obtención de otro producto elaborado final.

Una materia prima secundaria puede pasar a ser considerada residuo, si no se cuenta con la tecnología que permita su aprovechamiento en un tiempo prudencial o si no existe una rentabilidad económica que permita ampliar su ciclo productivo.

2.2. Planificación y organización.

Un Plan de Minimización no se inventa, ni se impone como recurso innovador, ni tan siquiera es la esperada panacea de empresas que ven como parte de sus recursos se destinan a gestionar materias de las que no van a obtener ningún rendimiento económico. No obstante un Plan de Minimización puede y debe tener un poco de todo lo ahí citado. Debe tener un cierto grado de improvisación e inventiva para diseñar un modelo que se adapte a la empresa para la que va a servir. Por otra parte debe aportarse, por el cuadro directivo, como algo innovador que consiga "comprometer" y a la vez "ilusionar" a todos los integrantes de la empresa en un proyecto común. Proyecto que va a repercutir, sin duda, como se ha dicho anteriormente, en autoestima y autovaloración del trabajador que ve como al paso del tiempo su actividad se vuelve "monótona" y "rutinaria", así como en la conciencia real de que conservar el puesto de trabajo en determinadas actividades industriales, depende en gran medida de la calidad, la precisión y el llegar a sentirse elemento clave del proceso. Por último, puede igualmente constituir parte de la panacea que el industrial espera, al implantar como objetivo del Plan la reducción de residuos de forma preventiva o posteriormente con la aplicación de otras técnicas minimizadoras, como puede ser el caso del reciclado o la reutilización de los mismos.

Una vez que el responsable de la empresa decide poner en marcha los mecanismos, que materialicen lo que hasta ahora hemos considerado como una filosofía,

deberá asegurarse de que construye sobre bases sólidas, no solamente en todo lo que conlleva modificar un proceso, sino ante todo en el apoyo humano que al final va a ser la clave del éxito del plan. Por tanto teniendo presente estas premisas iniciales, se tendrá que plantear cuales son los pasos a dar en la organización.

En primer lugar tendrá que conseguir el indispensable compromiso de apoyo al Plan de Minimización por parte de todos los estamentos de la empresa, en especial, del equipo de producción, que es donde en principio pueden surgir las mayores reticencias a aceptar modificaciones a una situación normalmente consolidada, y del equipo de dirección sobre el que va a recaer una tarea realmente dura de comprobaciones, cambios de criterio, forzados por los datos que se vayan obteniendo, y sobre todo de asegurarse que el coste que en un principio se prevé, se va a ver superado por los beneficios que se van a derivar de su implantación.

Las comprobaciones y posibles cambios de criterio deberán realizarse al comparar los resultados parciales con los estándares u objetivos cuantificados que la empresa se haya propuesto alcanzar.

Pero, ¿qué ocurre con un plan de minimización que no cubre sus objetivos? La respuesta a esta situación no debe conducir necesariamente al abandono del plan, sino a una revisión de esos objetivos, que posiblemente adolecen la flexibilidad necesaria, para adaptarlo a posibles cambios obligados por circunstancias ajenas a la propia actividad industrial, y por otro lado, de una realidad alcanzable. No pueden ni deben plantearse objetivos utópicos por mucho que se deseen alcanzar, ya que esta situación puede conducir al personal a desistir en su esfuerzo para conseguir superar un listón totalmente inalcanzable.

A la hora de valorar los posibles beneficios que puede reportar la implantación de un Plan de Minimización hay que analizar detenidamente los posibles costes imputables directa o indirectamente a la mala gestión de los residuos peligrosos. Así, hablaremos de costes directos entre los que se encuentran los destinados a cubrir la etapa previa al tratamiento (recogida y transporte de los residuos), la etapa de tratamiento (inertización, depósito de seguridad, etc.), tasas e impuestos destinados a cubrir gastos por vertidos o emisiones a otros medios (canon de vertido a organismos de Cuenca o Confederaciones Hidrográficas).

Aún cuando no sea demasiado correcto hablar de costes indirectos, en ellos se intenta englobar aquellos gastos, que aunque existan, pueden reducirse o eliminarse, o aquellos que de forma positiva pueden indicar una recuperación de la actividad. Entre los primeros podemos citar los imputables a recuperaciones de suelos contaminados y entre los segundos el aumento de las ventas por una mejora de imagen de la empresa o la mejora en las condiciones de seguridad e higiene de sus trabajadores.

Una vez conseguido el indispensable apoyo de todos los estamentos de la empresa y definidos los objetivos a conseguir en la reducción de los residuos generados, hay que nombrar a una persona como responsable de poner en marcha el plan de minimización. No es tarea fácil conseguir una persona que se adapte, no solamente al perfil del puesto, sino ante todo al grado de confianza que entre los componentes de la empresa, debe alcanzar el responsable de la ejecución de este plan, que presumiblemente va a modificar determinados hábitos de trabajo.

Opiniones, acerca de en quién ha de recaer esta responsabilidad, hay muchas, todas ellas seguramente basadas en experiencias desarrolladas en distintas empresas, sin embargo, en opinión del autor, podría obtenerse el éxito deseado, en la elección del director del plan de minimización, en dos posibilidades de las muchas que puedan barajarse. Si para el puesto se opta por un individuo de fuera de la organización, sería una buena elección en principio, ya que se diseñaría un perfil muy exigente técnicamente y con grandes habilidades psico-sociológicas. Esta posibilidad presenta la ventaja de poder contar con un individuo ajeno a motivaciones afectivas con el personal, que de alguna forma podría alterar la propia interpretación de los datos obtenidos, justificándose actitudes que el tiempo ha ido asentando, aún cuando sean manifiestamente mejorables. Pero también se pueden aducir serios inconvenientes a esta opción; efectivamente con toda seguridad van a surgir recelos entre los miembros de la empresa y por otra parte esta persona desconoce el proceso productivo, por lo que va a necesitar un tiempo de adaptación importante. Por último, esta opción es cara.

La segunda opción, a mi juicio, consistiría en elegir a una persona perteneciente a la organización. ¿Pero quién?. Quién podría estar lo suficientemente preparado en técnicas de reducción de residuos, que conozca con minuciosidad el proceso productivo, que tenga habilidades de líder y además sepa abstraerse de su hasta ahora papel en la empresa, para solo fijarse en la consecución de los objetivos marcados. Si se elige esta opción, la persona deberá ser del departamento de producción, porque, en principio, tendría mas posibilidades de liderazgo una persona implicada en la fabricación del producto que al final es el que justifica la actividad laboral en la empresa, que cualquier otra persona, como podría ser algún componente del staff de dirección, con todas las bendiciones por parte de la cúpula de la empresa, pero generalmente mal vistos por el trabajador de producción que sólo ve en ellos a un controlador de tiempos y de métodos de trabajo. Esta opción es más barata que la primera, al contar con una persona perteneciente a la empresa, aunque deba ser sustituido para poder dedicarse por entero a su nueva misión, pero también tiene un mayor riesgo de "contaminación" si no se tienen perfectamente asumidos los objetivos marcados.

El tercer paso a dar, en este caso corresponde al responsable del plan, sería la formación de su equipo de trabajo que no deberá ser excesivamente numeroso aunque deberán abarcar un amplio espectro en su especialización técnica. Si se decide por utilizar personal de la propia empresa, el equipo deberá estar integrado por represen-

tantes de los distintos departamentos, incluidos el departamento de personal o el departamento financiero y por supuesto sin olvidar ninguno ya que esto podría suponer el punto débil por el que falle la necesaria conexión entre todos ellos.

A partir de este momento se podría decir que se está en condiciones de iniciar el trabajo, que conducirá al equipo formado, a evaluar distintas opciones de minimización. El trabajo se inicia con algo esencial, como es el conocer la situación actual de la empresa, para poder, así, tener una referencia que nos permita valorar la consecución de los objetivos. Esta información básica se obtiene mediante la realización de una **Auditoría de Residuos orientada a la minimización**, cuyo diseño no lo vamos a abordar aquí, por tratarse ampliamente en el Capítulo XXIV de este libro. Pues bien, de este chequeo a la actividad industrial, obtenemos la información básica, actualizada y si está bien elaborada la auditoría, de total fiabilidad.

Al objeto de observar las aportaciones que los distintos departamentos de una empresa standard, realizan al Plan de Minimización en sus distintas fases, se expone en primer lugar los datos que presumiblemente están en disposición de aportar los departamentos más comúnmente implantados:

DEPARTAMENTO	FASE PREVIA (AUDITORÍA)
ASESORÍA JURÍDICA	Aplicación de la legislación actual y previsiones de posibles cambios.
FINANCIERO	Estudio de balances coste-beneficio de la gestión de residuos que lleva a cabo a empresa en la actualidad
PRODUCCIÓN	Información completa sobre el proceso productivo y los distintos flujos de residuos detectados
INGENIERÍA	Justificación técnica de los distintos procesos productivos
MANTENIMIENTO	información sobre operaciones preventivas y/o reparadoras en el proceso, así como detección de fugas.
CONTROL DE CALIDAD	Standares aplicados en materias primas y producto acabado. Rendimientos.
COMPRAS	Gestión de compras y stocks de almacenamientos de materias primas y producto acabado.
HIGIENE, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	Costes asociados a la manipulación de residuos peligrosos por los trabajadores y repercusiones de los citados residuos en el entorno.

VENTAS
I + D

Exigencias del mercado y su influencia en el diseño de determinados procesos.
Proyectos de investigación.

A partir de este punto se puede empezar a elaborar el Plan de Minimización propiamente dicho.

2.3. Etapas.

Una vez considerados los "aspectos previos" y obtenidos los resultados de la Auditoría de Residuos, se pasa a elaborar el llamado Plan de Minimización en la empresa, que consta de las siguientes etapas:

- 1) CLASIFICACIÓN DE LOS DISTINTOS FLUJOS DE RESIDUOS.
- 2) POSIBILIDADES DE MINIMIZACIÓN EN CADA FLUJO.
- 3) EVALUACIÓN DE LAS DISTINTAS OPCIONES DE MINIMIZACIÓN.
- 4) IMPLANTACIÓN DE LA MEJOR OPCIÓN.

A continuación pasamos a desarrollar cada una de estas etapas.

2.3.1. Clasificación de los distintos flujos de residuos.

La auditoría de residuos que se ha realizado previamente ha debido proporcionar los datos sobre el número de flujos de residuos y su localización en el proceso productivo; pues bien el trabajo del grupo responsable del plan de minimización consistirá, a partir de ahora, en clasificar los flujos identificados ordenándolos por orden de importancia respecto a una serie de criterios u objetivos, marcados inicialmente.

Según del tipo de empresa de que se trate, los objetivos marcados incidirán en mayor o menor medida a la hora de ordenar los flujos de residuos. En general los objetivos a tener en cuenta, sin que ello suponga un orden preestablecido, son entre otros:

- **Cumplimiento de la normativa en vigor**, en todo lo que pueda afectar a la empresa, incluida la relacionada con el medio ambiente.

- **Nivel de peligrosidad de los residuos**, que será indicativo de que las actuaciones preventivas se deberán centrar, preferentemente, en aquellos flujos de residuos de una más alta peligrosidad.
- **Riesgo para la seguridad de los trabajadores**, aunque en este punto deban de tenerse en cuenta otros factores debidamente regulados, pero en general, cuanto mayor sea el riesgo de afección del flujo de residuos, al personal encargado de su manipulación, mayor será la urgencia de actuación sobre el mismo.
- **Riesgo para el medio ambiente**, posiblemente entre los primeros criterios en la clasificación de los flujos de residuos, por su amplia repercusión, más allá de las paredes de la empresa. Si el riesgo es considerado como alto, la actuación cautelar deberá ser inmediata paralizando la actividad, para, de forma prioritaria, estudiar las medidas de prevención en la aparición de los residuos y para los que inevitablemente se producen, se deberá arbitrar la gestión adecuada que impida la afección al medio ambiente.
- **Costes de gestión de los residuos**, su valoración actual, como los debidos a responsabilidades futuras derivadas de una gestión inadecuada de los residuos producidos, puede ser un índice, de cara a la economía de la empresa, para clasificar unos flujos como prioritarios respecto a otros.

Para una clasificación de los flujos de residuos lo más objetiva posible, y dado que los criterios utilizables pueden ser, en su mayoría cualitativos, se suelen utilizar distintas técnicas para hacer una cuantificación que nos permita ordenar en base a números, las distintas prioridades con las que habrá de enfrentarse el equipo que intenta implantar el plan de minimización.

Entre las técnicas a las que se puede recurrir, se encuentran las llamadas Matrices de Decisión¹.

Este método consiste en valorar numéricamente la importancia de cada criterio para cada uno de los flujos identificados. Para ello se da un valor a cada criterio, de menor a mayor importancia y el valor asignado se multiplica por un factor de ponderación o corrección que representa la mayor a menor afección de cada uno de los criterios a los distintos flujos de residuos localizados. Una circunstancia a tener en cuenta para la correcta aplicación del método, es la de utilizar siempre la misma banda numérica para así obtener datos homogéneos, considerándose el flujo más puntuado, para cada criterio, el de actuación preferente en materia de minimización de residuos, frente a los demás flujos localizados.

¹ Ver Manual de Minimización. Instituto Cerdá

2.3.2. Posibilidades de minimización.

Las posibilidades de actuación sobre la cantidad de residuos producidos en cada uno de los flujos identificados va a depender de varios factores, entre ellos, del conocimiento que el equipo de trabajo tenga de las técnicas adecuadas en cada caso y de la aplicación correcta de estas técnicas, que pasa muchas veces por asumir un "riesgo controlado" al tomar la decisión. Este riesgo debe quedar paliado por una buena información base, siendo necesario añadir una importante dosis de imaginación colectiva, ya que en muchas ocasiones hay que diseñar para casos concretos de industrias de las que no se conocen otras referencias.

Las opciones de minimización que baraja el equipo de trabajo, se centran en tres actividades, aún cuando dentro de ellas puedan aparecer distintas variaciones:

- 1) Reducción en origen.
- 2) Reciclado.
- 3) Reutilización (incluida la valorización energética).

Para su posible aplicación en cada uno de los flujos de residuos clasificados, pueden utilizarse, al igual que en el caso anterior, las citadas matrices de decisión o cualquier otro método que nos permita, de forma cuantitativa, la toma de decisiones.

Dentro de las posibles actuaciones a considerar, para que se pueda detectar la deseada reducción en origen, están, por una parte, las llamadas Buenas Prácticas, contempladas en el Tema XXIV y que su implantación, en pocas palabras, consiste en concienciar al trabajador para que, abandonando actuaciones rutinarias basadas en hábitos que se adquieren con el tiempo, se puedan conseguir los necesarios incentivos de autoestima y eficacia que repercuta en la calidad del trabajo diario. Y por otra parte las "temidas" modificaciones en el proceso productivo que conlleva, actuaciones sobre la materia prima y seguramente sobre los distintos equipos del proceso.

La materia prima deberá optimizarse, si no es posible su sustitución por otra, que consiguiendo resultados comparables, dé lugar a menor cantidad de residuos. Para ello habrán de estudiarse las dinámicas de las reacciones químicas que tengan lugar e incluso, si fuera necesario, llegar a la reformulación del producto final.

En cuanto a las variaciones en el diseño del proceso productivo, se debe tomar como una alternativa fácilmente justificable, teniendo en cuenta, que los avances tecnológicos han dejado obsoletos buena parte de los procesos actualmente utilizados, sobre todo en pequeñas y medianas empresas. Si conseguimos utilizar tecnologías compatibles con el trabajo en circuito cerrado, estaremos reduciendo la generación de residuos en origen.

En el caso de las Buenas Prácticas, su implantación no debe ser difícil y su coste bajo, mientras que las modificaciones en los procesos productivos pueden llevar aparejado las dificultades propias de enfrentarse a lo desconocido, así como a altos costes en inversiones.

Conviene en este punto reflexionar sobre lo expuesto para no crear falsas expectativas ni equívocos en lo que podemos considerar como fundamento teórico. No es fácil llegar a grandes resultados en la reducción de residuos en origen, por tanto no deben esperarse resultados espectaculares, salvo casos muy concretos y en industrias más cercanas al desgüace que a la actividad productiva.

La propia exigencia a reducir la producción de residuos en origen motivará lo suficiente para, por lo menos, no aumentar la producción, siendo en nuestro entender un éxito nada desdeñable y en determinados casos deberá considerarse como objetivo de minimización. Ese esfuerzo debe ser valorado junto con la correcta gestión de los residuos producidos y nunca algo a contabilizar en el coste de la actividad.

Por tanto y a modo de resumen de esta primera posibilidad de minimización podríamos afirmar que:

REDUCIR LA GENERACIÓN DE RESIDUOS EN ORIGEN DEBE SER UN OBJETIVO PERSEGUIBLE, PERO EL MANTENER LA PRODUCCIÓN O EN ALGUNOS CASOS CONCRETOS UN AUMENTO CONTROLADO DE NINGÚN MODO DEBE DAR A ENTENDER IRRESPONSABILIDAD DE LA EMPRESA O FALTA DE SENSIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL POR PARTE DE LA ADMINISTRACIÓN, SINO MÁS BIEN UNA REALIDAD QUE LA TÉCNICA NO PERMITE ACTUALMENTE SUPERAR.

Una vez analizadas las posibilidades a contemplar para la REDUCCIÓN EN ORIGEN, estudiaremos las otras dos opciones apuntadas, el RECICLADO y la REUTILIZACIÓN. Estas dos opciones pueden completar las acciones minimizadoras ya en marcha, para aquellos residuos que inevitable-

mente se produzcan. Si no es posible implantar dichas medidas en origen, soportarían el peso del plan de minimización.

Al igual que en la reducción en origen, el reciclado y la reutilización de los residuos son dos posibilidades a contemplar en un Plan de Minimización, que serán aplicables en tanto en cuanto sean rentables económicamente. Si no lo fueran habría que valorar la rentabilidad medioambiental de las dos opciones y en caso positivo, deberán implantarse con los apoyos necesarios (tasas, subvenciones, etc.).

2.3.3. Evaluación de las distintas opciones.

Las opciones consideradas en la etapa anterior para cada uno de los flujos de residuos, deberán ser posteriormente evaluadas desde distintos aspectos, para, así, decidir sobre la oportunidad de su implantación. Los aspectos en los que habrá de basarse el examen de cada opción de minimización, son fundamentalmente dos, un aspecto técnico y un aspecto económico. Posteriormente y siempre que se hayan superado con éxito estos listones, habrá que tener en cuenta otro punto de vista que afecta a aquellos aspectos no tan en el escaparate de la actividad industrial, pero no por eso menos importantes, como son, entre otros, la imagen de la empresa, las condiciones laborales de los trabajadores o las posibles responsabilidades futuras en escapes, fugas, contaminación de suelos, etc.

A nadie le debe sorprender, que si el proceso que se pretende implantar no es viable técnicamente, no pueda llevarse a cabo. Si el aspecto económico, como indicador de la viabilidad de la opción de minimización, se valorará negativamente, habrá que considerar los posibles caminos de financiación, por lo que cabría la oportunidad de su implantación si además estamos convencidos de que los aspectos intangibles citados anteriormente se van a ver sensiblemente mejorados.

La evaluación de las mejores opciones se deberá hacer cuantificándolas respecto de cada uno de los flujos de residuos clasificados. Esta valoración, como en casos anteriores podrá realizarse mediante las matrices de decisión o cualquier otra técnica similar.

2.3.4. Implantación de la mejor opción.

La implantación de aquellas opciones que hayan superado los criterios de viabilidad deberán, ahora, pasar la etapa más complicada, como es el dejar de ser una opción teórica, para convertirse en una opción real que va a influir decisivamente en el futuro de la empresa.

La puesta en marcha de estos cambios en un proceso productivo requiere que se realicen una serie de acciones que habrá que temporizar, para que la producción se vea afectada lo menos posible. Por tanto se podría empezar por definir las distintas etapas en las que se va a producir la implantación de las opciones de minimización elegidas:

- 1) Definición técnica al detalle de la opción a implantar.
- 2) Revisión de contratos con los proveedores de la futura materia prima o de nuevas especificaciones en caso de ser la misma.
- 3) Supervisión en el montaje de los equipos necesario de la nueva opción técnica.
- 4) Elaboración de los correspondientes manuales de organización y funciones para cada uno de los puestos de trabajo, con asignación de tareas y responsabilidades.
- 5) Formación del personal necesario para responder a las exigencias de los cambios técnicos introducidos.
- 6) Inicio de la actividad.

A continuación y siguiendo con el desglose realizado en el apartado 2.2., en una empresa estándar para conocer las aportaciones de los distintos departamentos, en primer lugar conocimos los datos que presumiblemente podrían facilitar cada uno de ellos. Después del diseño del Plan, sería interesante, conocer también su aportación al mismo

DEPARTAMENTO	SEGUNDA FASE ELABORACIÓN E IMPLANTACIÓN DEL PLAN
--------------	---

ASESORÍA JURÍDICA	Información sobre posibles cambios en cuanto a la calificación de la empresa como pequeña o gran productora de residuos peligrosos, según la normativa en vigor.
FINANCIERO	Estudio de balances coste-beneficio de las opciones de minimización contempladas en el Plan y posibles ayudas a obtener.

PRODUCCIÓN	Estudio de las distintas opciones contempladas y medidas a tomar para su implantación.
INGENIERÍA	Justificación técnica de las distintas opciones de minimización planteadas.
MANTENIMIENTO	Información sobre las operaciones necesarias con los cambios propuestos.
CONTROL DE CALIDAD	Previsión y seguimiento post-operacional de las modificaciones introducidas en relación a la calidad del producto acabado.
COMPRAS	Localización y compromisos con nuevos proveedores para cambios en las características de la materia prima, así como adecuación de los almacenamientos mediante una correcta gestión de stocks.
HIGIENE, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	Estudio de las repercusiones de los cambios a efectuar y ya efectuados en las condiciones laborales, así como en la gestión de los residuos.
VENTAS	Estudio de estrategias para contrarrestar, posibles cambios en el producto final (aspecto, precio, etc.), en relación a su comercialización.
I + D	Posibles cambios de orientación en proyectos de investigación, motivados por las modificaciones en el proceso.

2.4. Seguimiento y control de las acciones minimizadoras implantadas.

Una vez puestas en marcha las acciones contempladas en un Plan de Minimización es necesario disponer de una serie de sensores que nos permitan detectar su evolución. Para ello se deberá contemplar la posibilidad de designar como variables a controlar aquellas que nos permitan, sin recurrir a técnicas muy complicadas, chequear la buena marcha de la instalación después de los cambios introducidos y poder, realizar modificaciones para corregir las desviaciones detectadas. Pero no deberá ser este el único motivo que guíe a los responsables del Plan a ejercer el citado control. El empresario necesita conocer los datos en los que basarse para justificar los gastos realizados en inversiones, que hasta el momento, seguramente, solo le ha provocado inconvenientes en el ritmo de producción y por otra parte, no olvidemos que el trabajador se ha brindado sin reservas a realizar una serie de tareas que, si eran importantes cuando se buscaban soluciones, son igualmente importantes una vez implantados los posibles remedios.

Las conclusiones obtenidas a partir de datos tales como la generación de residuos o la materia prima consumida permitirán modificar el Plan en repetidas ocasiones hasta llegar al convencimiento por parte de todos, de que el Plan de Minimización implantado es el más idóneo para la actividad industrial a la que se aplica.

Existen diversos métodos para medir el rendimiento de las medidas técnicas introducidas, aunque independientemente del que se adopte, la finalidad deberá ser la misma, servir de guía para detectar aciertos o equivocaciones y en este segundo caso, rectificar lo antes posible para conseguir los objetivos del Plan de Minimización.

3. POSIBILIDADES DE APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE MINIMIZACIÓN EN DISTINTOS SECTORES INDUSTRIALES

La aplicación de técnicas de minimización no es una práctica demasiado utilizada en general, hasta el momento, aunque en determinadas Comunidades Autónomas como Cataluña, País Vasco, Madrid o Andalucía, por contener en su territorio núcleos importantes de industrias de fuerte contaminación potencial por producción de residuos peligrosos, vienen desarrollando iniciativas para reducir o eliminar en algún caso la generación de los mismos. Así, por ejemplo en Andalucía con la puesta en marcha de los Planes Correctores de Vertidos en zonas de acumulación industrial como Huelva, Bahía de Algeciras o Bahía de Cádiz, se ha propiciado la regeneración de una forma importante de aguas litorales, perdidas desde hace bastantes años para otros usos que los propios vertederos o almacén de lodos.

A título orientativo y con las debidas reservas sobre las posibilidades de reducción de los residuos generados en distintos sectores industriales, analizaremos las dificultades ya comentadas anteriormente con las que se encuentra el industrial a la hora de decidir la rentabilidad económica o social, frente a la inversión necesaria.

3.1. Aceites usados.

Los aceites lubricantes tanto de automoción como industriales son productos lubricantes cuyo uso es imprescindible en la mayor parte de las industrias. Aún cuando el parque automovilístico aumenta de forma importante, no así lo hace la cantidad de residuos producidos debido al aumento de la vida media del lubricante, lo que hace que se mantenga o presente cierta tendencia a disminuir.

La principal acción minimizadora está, por tanto, en marcha, pero se podría complementar aplicando técnicas de regeneración o reutilización (valorización energética)

al residuo producido, manteniendo como principal precaución, evitar mezclarlo con otras sustancias que podrían dificultar o impedir estas prácticas minimizadoras (ej. contaminación con PCB's, partículas metálicas, etc.).

En cuanto a los aceites industriales, que en muchos casos han sido sustituidos por grasas que permiten el trabajo en condiciones más extremas, es posible pensar en reducciones en origen del orden del 20%.

3.2. Disolventes.

Los productos disolventes ocupan un destacado papel en la actividad industrial. Su utilización es diversa en sus dos modalidades, clorados o no clorados, en procesos de limpieza en seco y en el sector pinturas.

Las acciones minimizadoras deberán orientarse, en primer lugar a la disminución de la cantidad a utilizar, con medidas como el empleo de máquinas de limpieza en circuito cerrado que consiguen una reducción superior al 70% siempre que sea posible usar disolventes no clorados, frente a los clorados en consonancia con las decisiones contempladas en el Protocolo de Montreal referentes a sustancias que agotan la capa de ozono. En segundo lugar la industria suministradora de disolventes consciente de la intensiva utilización del producto, pone en marcha un servicio de gestión integral, es decir, suministra el material, lo retira posteriormente para su reciclado, sustituyéndolo por otro nuevo, de esta forma el disolvente cargado de impurezas no es destinado al abandono por el industrial que lo ha utilizado como materia prima, sino que es reciclado, no pudiéndose hablar en este caso de residuo sino de materia prima secundaria que es sometida posteriormente a un proceso de regeneración para alcanzar las características originales y volver al mismo ciclo productivo. En el proceso de regeneración si se producirán residuos como resultado de eliminar las impurezas del disolvente.

Estimativamente se podría indicar que la minimización de los residuos de disolventes, es posible situarla en una banda comprendida entre un 15 y un 30%.

3.3. Pinturas y barnices.

Este sector está bastante influido por la mayor o menor utilización de disolventes en su fabricación, que le confiere a los residuos procedentes de la fabricación o uso, el calificativo de peligrosos.

Como medidas a contemplar para reducción en la generación de residuos podría considerarse la sustitución de pinturas con base disolvente por pinturas con base

agua, igualmente se podría obtener una disminución de los residuos de pinturas y barnices si se dispusiera de equipos técnicos que permitieran un mayor rendimiento en la transferencia de material a otros medios. Por último sería interesante para el éxito minimizador de este tipo de residuos, el poder contar con instalaciones de recuperación de lodos y aguas que aparecen como flujo de residuos en gran cantidad de industrias (automóvil, línea blanca, etc.).

3.4. Limpieza de superficies metálicas (decapados).

Los decapados o limpiezas químicas de superficies metálicas oxidadas constituyen, hoy en día, procesos insustituibles en determinadas instalaciones industriales con circuitos de agua de calderas, en industrias de galvanotécnica y sobre todo en el sector siderúrgico.

Los decapantes ácidos más eficaces son el ácido sulfúrico y el ácido clorhídrico, prefiriéndose el segundo al primero ya que el ácido clorhídrico tiene mayores posibilidades de recuperación, reciclándolo en el mismo proceso o bien transformándolo en Cl_3Fe , muy utilizado como agente floculante en depuración de aguas residuales, lo que constituiría una acción de minimización.

3.5. Sector energético.

Dentro del sector energético podemos considerar, por una parte la industria petrolífera y sus derivados (Refinerías) y por otra las empresas generadoras de energía eléctrica (Centrales Térmicas).

En cuanto a las Refinerías la reducción en origen de los residuos tiene poco margen cuando la actividad está en marcha, debido a las grandes inversiones que conlleva modificar procesos de fraccionamiento o cracking. Sin embargo estas instalaciones resultan tener una gran importancia en cuanto que en ellas se produce la recuperación de determinados residuos, como aceites usados y sus mezclas con agua, procedentes de procesos de depuración de aguas residuales, que pueden generar distintos productos comercializables como es el caso del fuel-oil.

En el caso de las Centrales Térmicas, la reducción en origen se efectúa en la selección de la materia prima a utilizar, aún cuando para determinados materiales las maniobras no pueden ser muy amplias, debido a las cuotas que para distintos tipos de combustibles, vienen exigidas en el Plan Energético Nacional. Pero si en origen la minimización no puede alcanzar niveles altos, sí parece que se llega a reducciones mayores con los residuos ya producidos, como es el caso de las cenizas volantes generadas en la combustión del carbón. Estas cenizas son reutilizadas al 100% en instalaciones cementeras como materia prima secundaria. Solamente las grasas de cintas

transportadoras, molinos, o en aquellos casos en los que se eliminen transformadores o condensadores con PCB's, su gestión ineludiblemente se tendría que producir como residuos peligrosos y por tanto a través de una empresa gestora autorizada.

3.6. Industria metalúrgica.

Al igual que en el sector energético la elección de la materia prima es fundamental para intentar minimizar los residuos en origen, pero igualmente, también, la recuperación de determinados componentes de esos residuos es la baza con la que el industrial podría jugar, si está convencido del beneficio que es posible obtener de ese material no deseado en su actividad industrial. En este sector, son especialmente importantes, los residuos que en principio podrían considerarse como peligrosos, las cenizas volantes y los polvos de acerías o como materias primas secundarias si de ellos se recuperan metales de alto rendimiento económico.

Existen dos procedimientos de recuperación:

- **por vía térmica** mediante antorcha de plasma que es capaz de fundir los metales, formando ferroaleaciones que puedan ser utilizadas posteriormente en la fabricación de aceros especiales.

Este proceso es utilizable con un mejor rendimiento cuando en su composición se encuentran metales de alto punto de fusión; como es el caso de los polvos obtenidos en la producción de aceros inoxidables con altos contenidos de níquel.

Si los polvos contienen el cinc como metal más abundante, se utilizan hornos especiales que trabajan a temperaturas inferiores, evitándose, así, la evaporación de los metales.

- **por vía hidrometalúrgica**, consiste en la disolución de los metales, a extraer, en baños de ácido clorhídrico, para posteriormente extraer los cloruros de los metales formados, que a su vez se someterán a un proceso de reducción, generalmente con hidrógeno, dando lugar, finalmente a un polvo metálico que podría ser reutilizado o reciclado en nuevos procesos metalúrgicos.

3.7 Sector de la química orgánica (polímeros plásticos).

El sector industrial que basa su actividad en la química orgánica, va dirigida fundamentalmente a la síntesis de monómeros para la fabricación de productos plásticos. Esta síntesis parte del petróleo en su mayor parte, provocando una serie de procesos que se pueden dividir en cuatro grandes grupos:

- **Grupo A**, que incluye aquellos procesos en los que el agua se emplea en operaciones de refrigeración y de lavado de recipientes. Como ejemplo, la obtención de benceno, tolueno y xileno.
- **Grupo B**, que incluye los procesos en los que el agua actúa como reactivo (absorbente o diluyente). Es el caso de la obtención de olefinas (etileno, propileno y butadieno), cloruro de vinilo, alquilbencenos lineales, acetona, formaldehído y óxido de etileno.
- **Grupo C**, que incluye todos los procesos que se realizan en fase acuosa, como son los de obtención del ácido tereftálico, tereftáto de dimetilo y fenol.
- **Grupo D**, que incluye los procesos de polimerización, como es el caso del poliestireno, PVC y Polipropileno.

En general todos los procesos, independientemente del grupo en el que esté localizado, son similares, en cuanto que utilizan operaciones físico-químicas como destilación, fraccionamiento, lavado o secado, radicando la principal diferencia sobre todo en las etapas de purificación y en las que se producen determinadas reacciones químicas dentro de los reactores.

Este sector produce residuos identificables como catalizadores gastados y aquellos procedentes de las columnas de destilación (lodos), sobre los que se podrían aplicar técnicas de minimización, provocando su reutilización mediante valorización energética, reduciendo el consumo de agua, segregando los distintos flujos de residuos y reciclando el agua obtenida en otros puntos del proceso productivo. Igualmente, la técnica ofrece posibilidades de reducción de residuos, mediante la regeneración de catalizadores o el uso de otros que incluso puedan reducir el número de etapas del proceso, o la utilización de membranas de separación en vez de columnas de destilación.

No puede olvidarse en todos los sectores expuestos, que es fundamental, por una parte, diseñar un plan de mantenimiento de las instalaciones, eficaz, pero a su vez con un objetivo que entronque con los ya conocidos del Plan de Minimización y por otra parte la aplicación de Buenas Prácticas como autoexigencia de todos los componentes de la empresa.