

PREPARARSE PARA EL FUTURO

MANUAL MEDIA

**MINIMIZACION ECONOMICA
DEL IMPACTO AMBIENTAL**

4: EXPERIENCIAS

*Ministerio de Industria y Energía
Dirección General de Política Tecnológica
Escuela de Organización Industrial*

MANUAL MEDIA

MINIMIZACION ECONOMICA DEL IMPACTO AMBIENTAL

Este Manual es una iniciativa de la DIRECCION GENERAL DE POLITICA TECNOLOGICA y de la E.O.I. (Escuela de Organización Industrial) que se enmarca en las actuaciones de prevención y minimización del grupo PREPARE, dentro del Programa EUREKA.
En su realización ha colaborado la empresa HASKONING, S.A.

MICYT

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

MICYT

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO
CENTRO DE PUBLICACIONES

Dr. Fleming, 7, 2.º
Teléfs. 344 03 62 /05 53 /06 78
28036 MADRID
NIPO: 236-92-061-9
I.S.B.N.: 84-7474-694-9
Depósito legal: M-2060-1993
Fotocomposición: SAFEKAT, S. L.
Impresión: GRAYMO, S. A.



Esta publicación se ha realizado en papel reciclado

*Ministerio de Industria y Energía
Dirección General de Política Tecnológica
Escuela de Organización Industrial*

MANUAL MEDIA

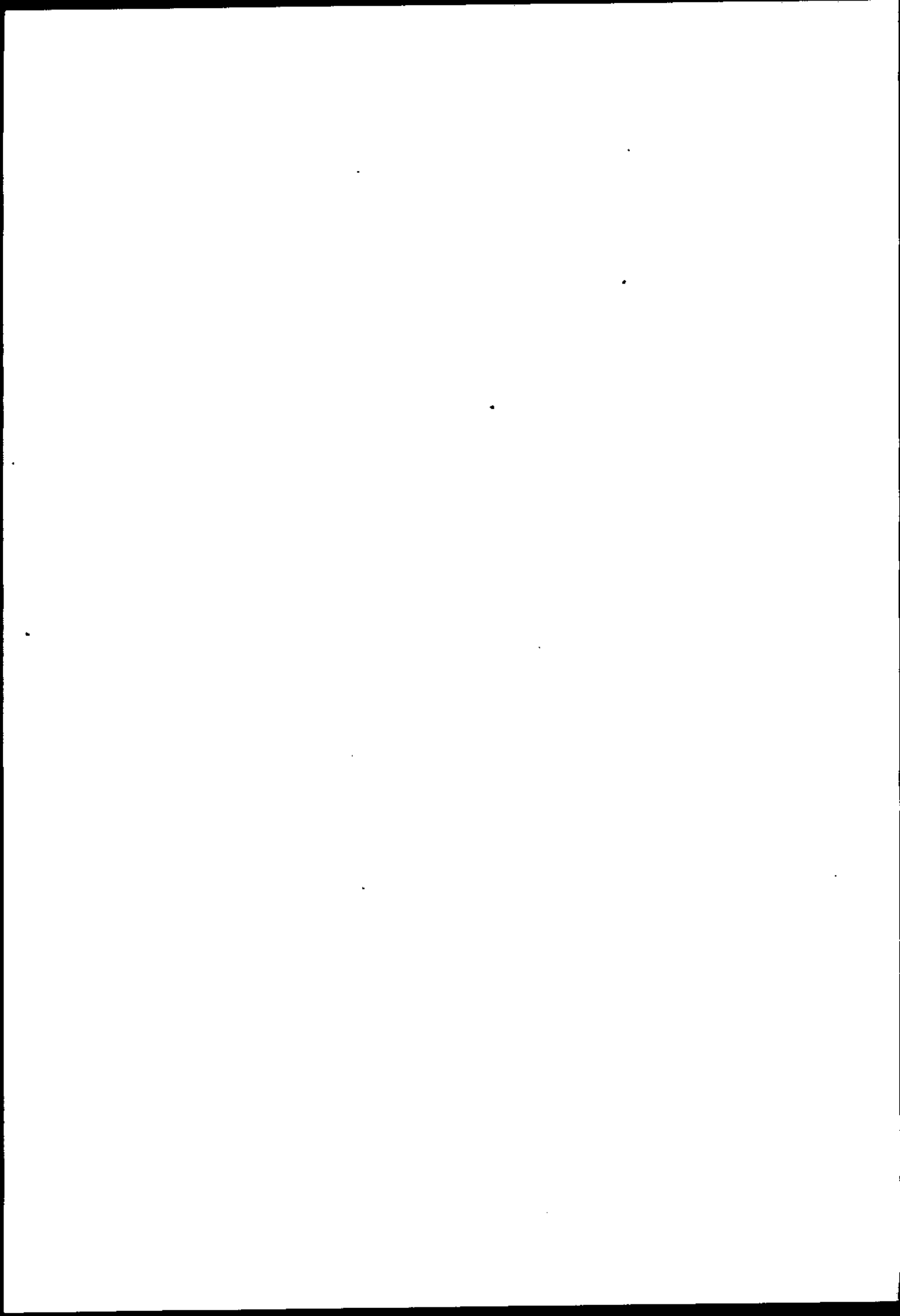
MINIMIZACION ECONOMICA DEL IMPACTO AMBIENTAL

PARTE IV

Experiencias en las empresas

MICYT 

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO



MANUAL MEDIA

INDICE GENERAL

PARTE I: DESCRIPCION DEL MANUAL

1. Introducción
2. Objetivo del Manual MEDIA
3. Técnicas de minimización
4. Metodología
5. Ejecución del proyecto de minimización
6. Implantación y seguimiento de las opciones viables
7. Repetición del proceso
8. Bibliografía

PARTE II: FICHAS DE TRABAJO

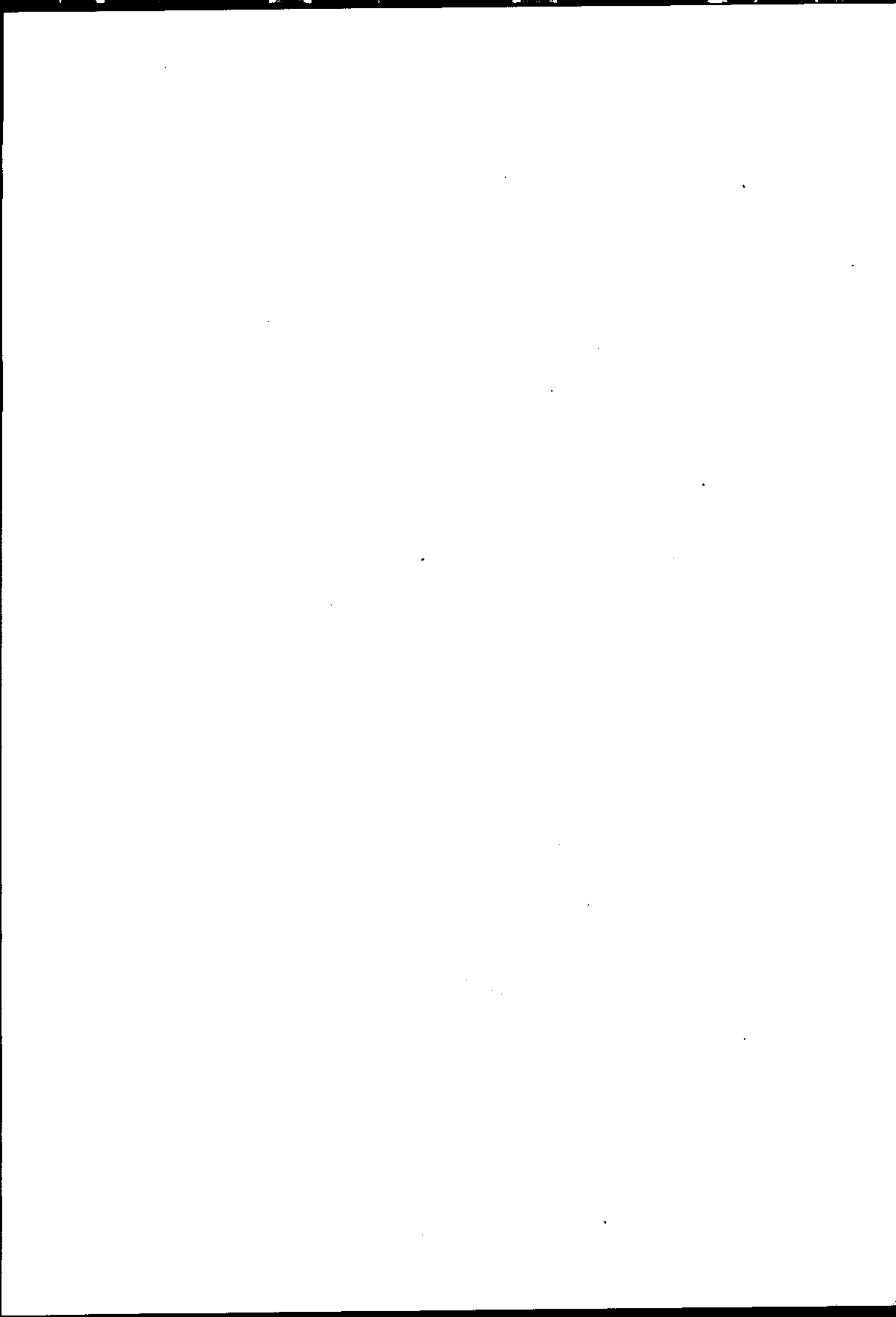
- O: Descripción de la empresa y Organización del equipo de trabajo
- G: Inventario Global
- S: Selección de Opciones
- E: Inventario Específico
- V: Análisis de Viabilidad

PARTE III: EJEMPLO PRACTICO

- Introducción
- O: Descripción de la empresa y Organización del equipo de trabajo
- G: Inventario Global
- S: Selección de Opciones
- E: Inventario Específico
- V: Análisis de Viabilidad
- Conclusiones

PARTE IV: EXPERIENCIAS EN LAS EMPRESAS

1. Introducción
2. Danona
3. Freixenet
4. Galvanizados Torres
5. Porsan
6. Repsol



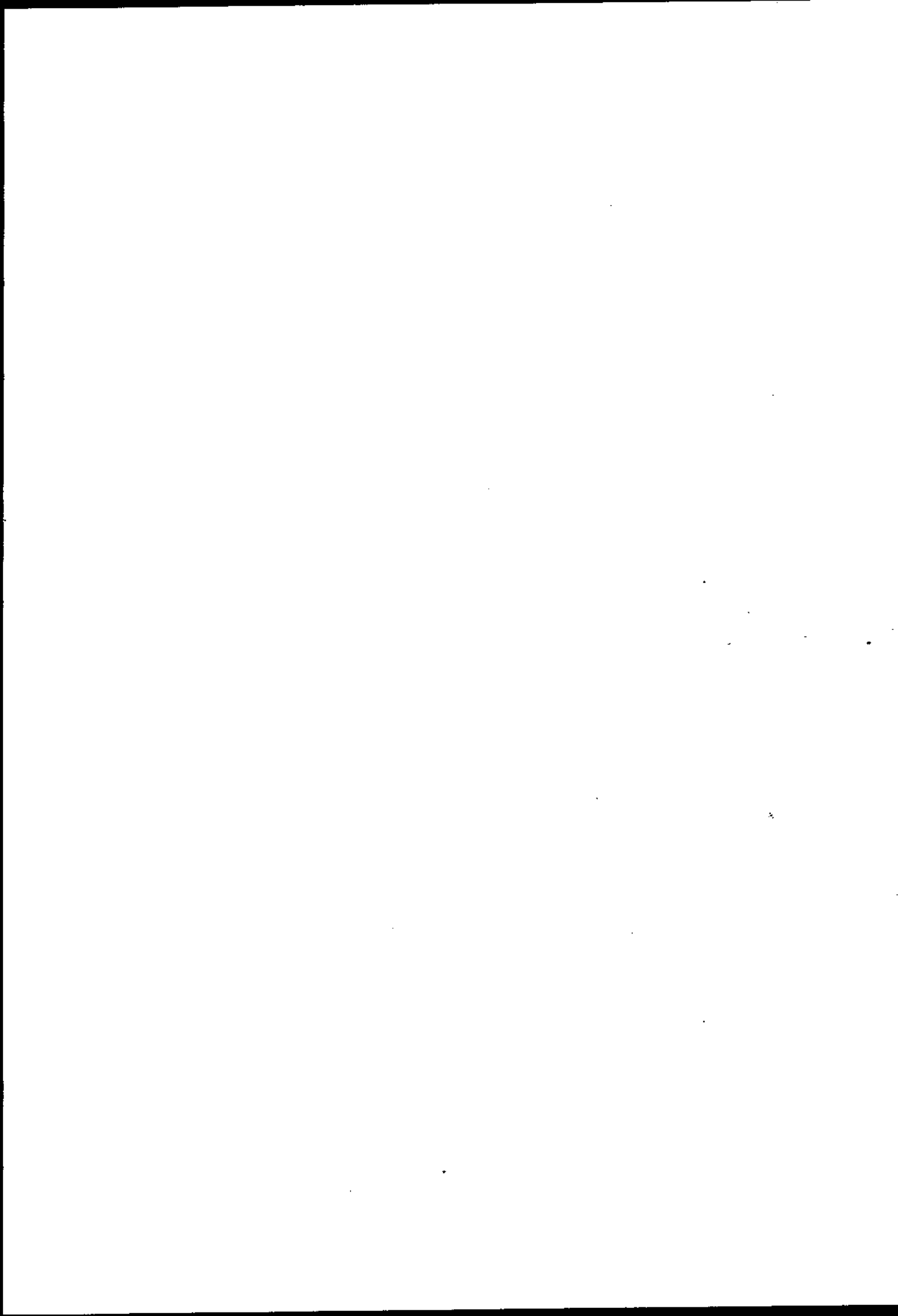
PARTE IV: EXPERIENCIAS EN LAS EMPRESAS

INDICE

	<i>Página</i>
1. INTRODUCCION	13
2. DANONA	17
2.1. Descripción de la empresa	18
2.2. Descripción del proceso productivo	18
2.2.1. Recepción y corte de chapa	20
2.2.2. Recepción y mecanizado de tableros	20
2.2.3. Barnizado de cantos	21
2.2.4. Barnizado de tableros	21
2.2.5. Mecanizado y barnizado de macizos	22
2.2.6. Montaje	23
2.2.7. Actividades auxiliares	23
2.3. Medidas medioambientales adoptadas con anterioridad al proyecto	23
2.4. Situación medioambiental actual de la empresa	24
2.5. Descripción y desarrollo de las opciones de minimización	25
2.5.1. Disminución y posible pretratamiento de las aguas residuales	26
2.5.2. Minimización de la generación y vertido de residuos sólidos	28
2.5.3. Minimización de las emisiones de disolventes orgánicos y reorganización del sistema de aspiración de serrín, polvo de barniz y disolventes orgánicos.	31
2.5.4. Sustitución de la caldera actual por otra capaz de cogenerar electricidad y calor	35
3. FREIXENET	41
3.1. Descripción de la empresa	42
3.2. Descripción del proceso de fabricación	42
3.2.1. Recepción y prensado	44
3.2.2. Proceso de bodega	44
3.2.3. Tirage	45
3.2.4. Proceso de cava	45
3.2.5. Degüelle	46
3.2.6. Terminación y expedición	46
3.2.7. Limpieza y mantenimiento de las instalaciones	46
3.3. Medidas medioambientales adoptadas con anterioridad al proyecto	47
3.4. Situación medioambiental actual de la empresa	47

3.5. Descripción de las opciones de minimización	48
3.5.1. Minimización del gasto de la solución jabonosa lubricante	48
3.5.2. Optimización del uso de agua	49
3.5.3. Regeneración de las perlitas y diatomeas	52
3.5.4. Sustitución del freon-22 por otro fluido refrigerante	55
4. GALVANIZADOS TORRES	57
4.1. Descripción de la empresa	58
4.2. Descripción del proceso	59
4.2.1. Recepción y clasificación de materiales	59
4.2.2. Decapado	60
4.2.3. Aclarado	60
4.2.4. Fluxado	60
4.2.5. Galvanizado en caliente	60
4.2.6. Enfriamiento	61
4.2.7. Inspección de materiales - Control de calidad	61
4.2.8. Mantenimiento de los baños de decapado, aclarado y fluxado	61
4.3. Medidas medioambientales adoptadas con anterioridad al proyecto	62
4.4. Situación medioambiental actual de la empresa	62
4.5. Descripción y desarrollo de las opciones de minimización	64
4.5.1. instalación de un baño de limpieza superficial	64
4.5.2. Puesta en marcha del baño de aclarado	66
4.5.3. Instalación de una unidad de secado tras el fluxado	67
4.5.4. Mejora en los procedimientos de trabajo y en el orden y limpieza internos	69
4.5.5. Construcción de una nueva fábrica en otro emplazamiento	75
5. PORSAN	79
5.1. Descripción de la empresa	80
5.2. Descripción del proceso de fabricación	80
5.2.1. Preparación de barbotina	82
5.2.2. Colaje	82
5.2.3. Secado	83
5.2.4. Esmaltado	83
5.2.5. Cocción	83
5.2.6. Preparación de esmalte	84
5.2.7. Fabricación de moldes	84
5.2.8. Depuración de aguas	85
5.3. Medidas medioambientales adoptadas con anterioridad al proyecto	85

5.4. Situación medioambiental actual de la empresa	86
5.5. Descripción y desarrollo de las opciones de minimización	87
5.5.1. Minimización del vertido de moldes residuales	88
5.5.2. Separación de las aguas pluviales y las de proceso. Recirculación de las aguas de proceso	90
5.5.3. Optimización del sistema de almacenamiento de materias primas y de producto	93
5.5.4. Reutilización interna o externa de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas	96
6. REPSOL QUIMICA (Fca. de Gajano, Santander)	99
6.1. Descripción de la empresa	100
6.2. Descripción del proceso	101
6.2.1. Purificación de materias primas	103
6.2.2. Polimerización	105
6.2.3. Recuperación del disolvente	106
6.2.4. Secado y acabado final	107
6.2.5. Actividades Auxiliares	108
6.3. Medidas medioambientales adoptadas con anterioridad al proyecto	109
6.4. Situación medioambiental actual de la empresa	110
6.5. Descripción y desarrollo de las opciones de minimización	112
6.5.1. Optimización del proceso de purificación de materias primas	113
6.5.2. Separación en seco del disolvente y del caucho sintético	115
6.5.3. Separación en fase vapor del disolvente y del agua a la salida del stripper primario	118
6.5.4. Minimización de las interrupciones en la línea de secado	120
6.5.5. Mejora del mantenimiento del sistema de distribución de vapor	122



1. INTRODUCCION

El proceso que se ha seguido para la obtención del Manual MEDIA ha sido eminentemente empírico. Se partió de experiencias similares realizadas en otros países europeos en el marco de los planes de acción comunitaria EUREKA/EUROENVIRON. Para ello, el primer paso que se dio fue la adaptación del Manual PREPARE, teniendo en cuenta las singularidades y características diferenciales de la industria española.

Tras ello, se procedió a aplicar este documento de partida a empresas de cinco sectores escogidos del panorama industrial español. La consultora de ingeniería Haskoning S.A. fue la encargada de llevar a cabo esta aplicación experimental en industrias españolas. Las empresas que desinteresadamente han participado en la elaboración del Manual, junto con los sectores a los que pertenecen, son las siguientes:

- DANONA (sector de la madera y el mueble).
- FREIXENET (sector agroalimentario).
- GALVANIZADOS TORRES (sector de transformación de metales).
- PORSAN (sector de materiales de construcción).
- REPSOL QUIMICA, COMPLEJO DE GAJANO (SANTANDER) (sector químico).

En esta parte se recogen los cinco informes correspondientes a los resultados conseguidos mediante la aplicación práctica del Manual MEDIA a las citadas empresas. Esta aplicación práctica permitió comprobar la validez y utilidad de la metodología propuesta.

El método de trabajo que se siguió es el que se define en el Manual y, a la hora de llevarlo a la práctica en las empresas, se recorrieron las siguientes etapas:

1) Adaptación de las fichas del PREPARE:

Adaptación de las fichas de trabajo a la mentalidad y características de la industria española.

2) Presentación del Manual a las empresas:

Definición de los objetivos que se perseguían, descripción de la metodología a seguir y entrega a las empresas del primer cuaderno de fichas de trabajo correspondiente a la DESCRIPCION GENERAL DE LA EMPRESA Y ORGANIZACION DEL EQUIPO DE TRABAJO y al INVENTARIO GLOBAL.

3) Inventario Global:

Cumplimentación del primer cuaderno de las fichas de trabajo por parte de las empresas. Una vez que éstas completaron el mismo se mantuvo una segunda reunión con cada una de ellas para comentar los problemas que habían surgido durante el trabajo con las fichas y detectar los defectos que, a su juicio, existían en las citadas fichas. Así mismo, durante esta reunión se procedió a comprobar la información que se había reunido, analizándola y definiendo que datos complementarios eran necesarios para generar las opciones de minimización.

Durante esta reunión ya se esbozaron algunas posibles opciones y se pidió a las empresas que estudiaran la información recogida y comenzaran a buscar soluciones a los problemas detectados.

4) Selección de opciones:

Se dejó un período de tiempo para que buscasen la información adicional que se necesitaba y para que estudiaran posibles soluciones. Transcurrido dicho período, se mantuvo una tercera reunión de "Tormenta de ideas" durante la que se generaron las opciones de minimización que habrían de ser analizadas en el Inventario Específico. Se les hizo entrega del segundo cuaderno de fichas de trabajo correspondiente al INVENTARIO ESPECIFICO.

5) Inventario específico:

Las empresas trabajaron completando las fichas correspondientes al Inventario Específico. Hubo un contacto permanente con las mismas a fin de detectar las dificultades que surgieron en esta fase del trabajo.

6) Desarrollo de opciones:

Con la información recibida se procedió a desarrollar todas las opciones que se habían generado para las empresas participantes. Cada una de las opciones generadas se analizó bajo los tres puntos de vista que contempla el Manual: evaluación técnica, medioambiental y económica o de rentabilidad.

7) Elaboración de informes:

Como etapa final, se procedió a la redacción de los informes que contuviesen los resultados conseguidos gracias a la aplicación del Manual, y que fueron entregados a cada empresa para su estudio. Dichos informes, previo consentimiento expreso de las

empresas colaboradoras, son los que vienen recogidos a continuación en esta Parte IV.

Se puede decir que la aplicación del Manual a las cinco empresas seleccionadas fue altamente interesante y los resultados obtenidos avalan, como ya ocurriera antes en experiencias similares en otros países, la validez de la metodología descrita en el Manual.

Como prueba de ello, se han resumido en tres cuadros los resultados obtenidos en la práctica. El cuadro 1 –que aparece bajo estas líneas– muestra una clasificación, por empresas, del total de opciones encontradas teniendo en cuenta el área implicada en las opciones.

Cuadro 1: Número total de opciones por área afectada.

Empresa	Sector	Área afectada	Nº de opciones
Danona	Madera y muebles	- materia secundaria	1
		- proceso	2
		- actividad auxiliar	4
Freixenet	Agroalimentario	- proceso	4
		- actividad auxiliar	3
G. Torres	Transformación de metales	- proceso	4
		- 'good housekeeping'	6
Porsan	Materiales de construcción	- materia prima	1
		- proceso	4
		- 'good housekeeping'	1
Repsol	Químico	- materia prima	5
		- proceso	4
		- actividad auxiliar	1
Nº total de opciones			40

En el cuadro siguiente –cuadro 2–, se ordenan las opciones de acuerdo a la técnica de minimización empleada en las mismas. Este cuadro es muy ilustrativo acerca de un punto que se defiende continuamente a lo largo del Manual: existen múltiples posibilidades de reducir la carga contaminante actuando en la fuente donde se genera, en lugar de recurrir a soluciones "fin de línea". De un total de 40 opciones generadas, 22 de ellas –más de la mitad– están basadas en la prevención en la fuente.

Cuadro 2: Clasificación de opciones de acuerdo a la técnica de minimización empleada

Empresa	Reducción en la fuente	Reciclaje interno	Reciclaje externo	Otros/mixtos
Danona	4	3		
Freixenet	2	3	1	1
G. Torres	5	1		4
Porsan	3	2	1	
Repsol	8	1	1	
TOTAL	22	10	3	5

Por último, el cuadro 3 ofrece una clasificación de las opciones de acuerdo a la factibilidad de las mismas. Únicamente 3 opciones resultaron ser no factibles. El hecho de que exista un elevado número de opciones con una rentabilidad no determinada es debido a que no se pudo descender hasta el nivel adecuado para realizar un juicio acertado sobre la rentabilidad de las mismas.

Cuadro 3: Clasificación de opciones de acuerdo a su factibilidad

Empresa	NO Factible	Factibles		Rentabilidad no determinada
		No rentable	Rentable	
Danona		1	2	4
Freixenet	3	1		3
G. Torres		4	3	3
Porsan		3		3
Repsol			1	9
TOTAL	3	9	6	22

Empresa: DANONA

Sector: MADERA Y MUEBLE



Equipo de trabajo:

- DANONA: I. Otaño
J. Ucín

- HASKONING: A. Baena
B. Van Drooge
E. De Elío
A. Van Ewijk
T. Van Uitert

2.1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Danona es una sociedad cooperativa que se dedica a la fabricación de muebles de madera, estando especializada en muebles de dormitorio y salón.

Cuenta con una única fábrica que se encuentra localizada en Azpeitia (Guipúzcoa), la cual ha sido objeto, en su totalidad, de la aplicación piloto del Manual MEDIA. La fábrica data de 1975 y cuenta con un número total de 282 empleados (socios cooperativistas). De ellos nueve son directivos y el resto mandos intermedios, personal administrativo y mano de obra directa.

Aproximadamente un tercio de su producción es exportado a Europa (Francia, U.K., Suecia, etc.). En general, el estado de la fábrica es muy bueno y los sistemas de producción se encuentran actualizados, por lo que cuenta con una productividad alta y la calidad del producto está garantizada.

La estructura organizativa de Danona es aparentemente clásica, si bien cuando se mira un poco más detenidamente se encuentran algunas peculiaridades en lo referente a interdependencias en la organización y líneas de mando y responsabilidad.

Danona recibe la madera en tres formas diferentes: tableros de conglomerado, paneles de chapa para el recubrimiento de los tableros y madera maciza para la realización de perfiles, marcos, molduras, etc. Estos materiales son cortados, mecanizados, taladrados, pegados, tintados, barnizados y finalmente montados y ensamblados con los correspondientes accesorios (cerraduras, bisagras, cristales, etc.), de manera que al final de la cadena de producción sale el mueble totalmente terminado para su venta al cliente.

Siempre se trabaja contra pedido y, bajo ningún concepto, se hacen unidades para stock. Ello es debido a que el mueble es un producto que sigue unas determinadas modas o tendencias y las unidades terminadas corren el peligro de quedarse anticuadas de un año para otro, lo que hace su venta muy dificultosa.

2.2. DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO

El proceso, como ya se ha dicho anteriormente, está encaminado a la obtención de muebles a partir de tableros de aglomerado, paneles para recubrirlos y madera maciza; realizándose dentro de la instalación todos los pasos necesarios para ello. Así pues, las principales etapas del proceso son:

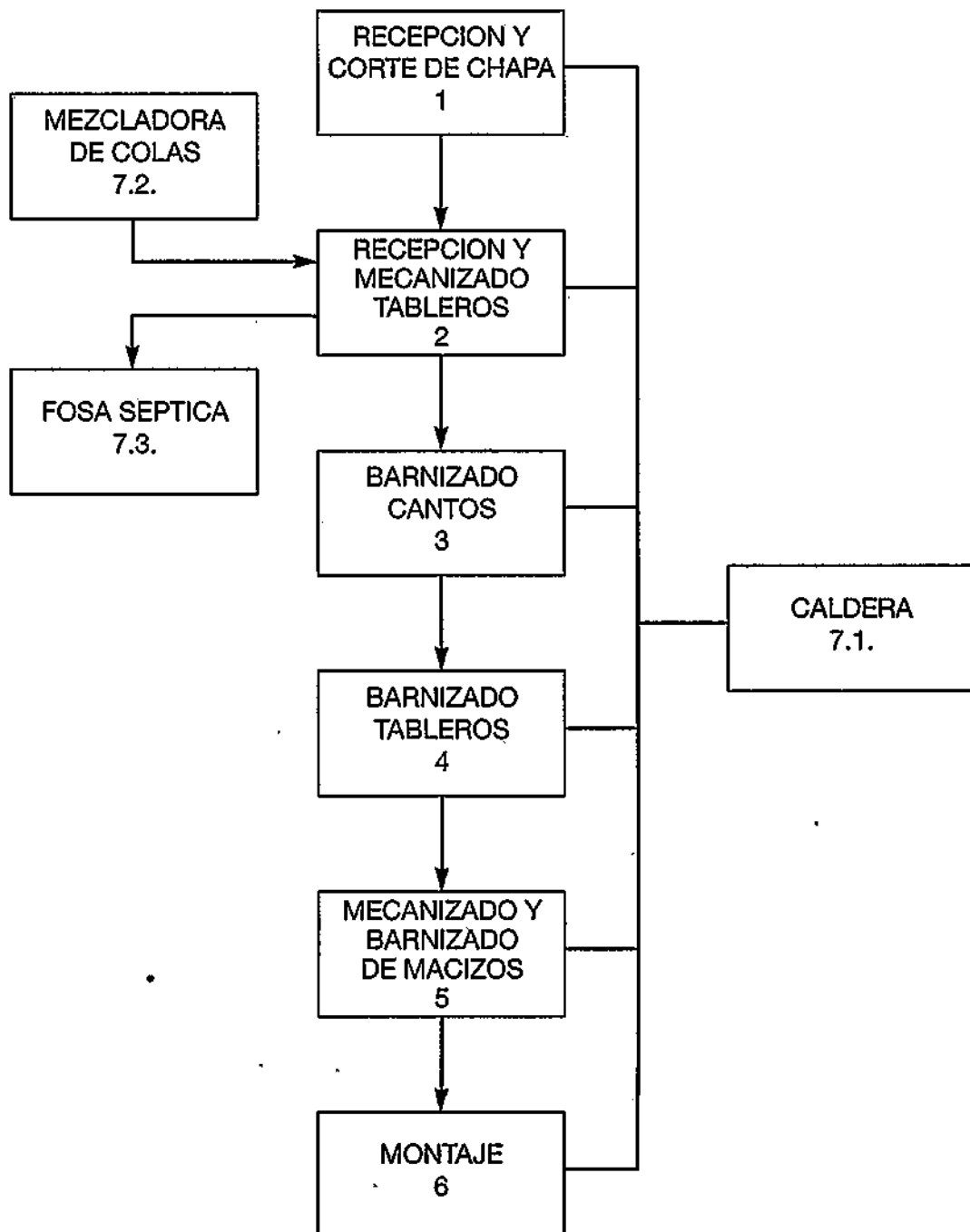
- 1) Recepción y corte de chapa.
- 2) Recepción y mecanizado de tableros.
- 3) Barnizado de cantos.
- 4) Barnizado de tableros.

- 5) Mecanizado y barnizado de macizos.
- 6) Montaje.
- 7) Actividades auxiliares.

A continuación se explica en líneas generales cada una de estas etapas.

En la figura 1 aparece el diagrama general del proceso de DANONA.

FIGURA N° 1: Diagrama general



2.2.1. Recepción y corte de chapa

En primer lugar se realiza la recepción, inspección y almacenamiento de la chapa. Los rechazos, por calidad fuera de estándares, detectados en el control de calidad de recepción son devueltos al proveedor.

Después se procede a cortar transversalmente la chapa mediante las cizallas transversales y de aquí se pasa a efectuar el corte longitudinal en 2 máquinas distintas:

- a) Guillotina longitudinal, situada a la entrada de la juntadora Kuper que realiza la unión de las chapas mediante un hilo que lleva adherida cola que se funde a la chapa al aplicarle calor.
- b) Guillotina Ruckle, guillotina longitudinal llamada así por encontrarse a la entrada de la juntadora Ruckle que efectúa la unión entre chapas mediante cola.

Tras este proceso de cortado y pegado se realiza un repaso a las chapas y se almacenan éstas para su posterior paso a prensas.

Todos los retales de chapa, desperdicio del proceso de corte, son quemados en el vertedero; ya que la chapa atasca el molino que transforma la madera en el serrín con que se alimenta la caldera.

2.2.2. Recepción y mecanizado de tableros

Se efectúa la recepción, inspección y almacenamiento de los tableros. Los rechazos detectados son devueltos al proveedor.

El primer paso es el troceado de los tableros en piezas de dimensiones acordes con las especificaciones de los muebles a fabricar.

Tras ello, se realiza el prensado. En esta etapa del mecanizado se unen los tableros y las chapas, mediante la aplicación de cola y el prensado del conjunto. Los tableros con espesor menor a 5 mm (generalmente los utilizados para hacer la trasera del mueble) en vez de ser cubiertos con chapa, se recubren con papel.

A continuación se pasan los tableros al tren de mecanizado y máquinas auxiliares (sierras, chapeadoras de cantos, tupés, soft-forming, etc.) donde se realizan los cortes, taladros, etc. que necesitan los tableros y se terminan de preparar antes de su paso al barnizado de cantos.

Los retales de tablero producidos en el troceado de los mismos son enviados a la trituradora para su transformación en

serrín y de ahí a la caldera. Todas las máquinas que conllevan arranque de material tienen conectado un sistema de aspiración que transporta el serrín a un silo desde el que se alimenta la caldera.

Los tableros pasan, entonces, a la sección de barnizado de cantos.

2.2.3. Barnizado de cantos

Primeramente se realiza un lijado previo del canto del tablero y posteriormente se le da un tinte al agua con el fin de que el canto tome el color que se desee dar a la madera.

Tras ello, y en las cabinas de barnizado de cantos, se da una primera capa de barniz a los cantos (barnizado de fondo) con pistola y con un fondo de cortina de agua que recoge el barniz pulverizado sobrante y que circula en circuito cerrado. Cada 9 días se cambia el agua de la cortina, vertiéndose el agua usada al río sin ningún tipo de tratamiento. Existen 2 cabinas de barnizado de cantos.

Después de la primera mano de barniz, se lijan los cantos y el tablero vuelve a las cabinas de barnizado para darle la segunda mano de acabado. Una vez realizada esta operación, el tablero pasa a la sección de barnizado de tableros.

El polvo desprendido en el lijado de cualquier superficie barnizada es enviado a un silo independiente, llamado silo de barnizado, y posteriormente quemado en el vertedero (se mantiene aislado del serrín normal por el peligro de ignición). Dicho vertedero es un terreno de Danona adyacente a la fábrica.

2.2.4. Barnizado de tableros

Se comienza por realizar un lijado de la superficie del tablero. El polvo es aspirado y enviado a ser quemado en la caldera.

En caso de que se quiera dar a la madera un color diferente del que trae originalmente, se realiza un tintado del tablero, al que sigue un proceso de secado mediante calor. Las aguas sucias del tintado son vertidas al río.

Es entonces cuando el tablero pasa a la calandra donde se aplica un rodillo caliente a la superficie del tablero a fin de alisar su superficie y eliminar poros para, con ello, conseguir un ahorro en la cantidad de barniz a aplicar más tarde.

Tras ello, se aplica el barnizado de fondo, con la ayuda de unos rodillos, a la primera cara del tablero.

El tablero pasa a continuación por un túnel de ultravioletas para ser secado; tras lo cual se lija la primera capa de barniz como preparación a la aplicación de la segunda capa, o capa de acabado, también mediante el uso de rodillos.

De manera análoga al secado de fondo, se efectúa un segundo secado con la ayuda de ultravioletas.

Ya se tiene la mitad del tablero barnizado, de manera que se da la vuelta al tablero para proceder al barnizado de la otra cara. Existen dos trenes de barnizado de tableros.

En el TREN 2 la segunda cara se barniza de manera idéntica a la primera cara. Sin embargo en el TREN 1 esta segunda cara se barniza con una cortina de barnizado: se le aplica a la pieza un fondo activo y después se le hace pasar a través de una cortina de barnizado. Esta operación, como siempre, se realiza dos veces (fondo y acabado con un secado y lijado entre medias).

Algunos tableros llevan ciertos dibujos sobre su superficie (principalmente marcos, líneas, etc.). Estos dibujos se hacen por medio de la aplicación de una pasta de barniz sobre el tablero a través de las rendijas de una plantilla diseñada a tal efecto. Es lo que se denomina serigrafiado. El serigrafiado se efectúa después de aplicar el fondo y antes de dar la mano de acabado.

Una vez barnizadas ambas caras, los tableros son almacenados a la espera de ser necesitados en montaje.

2.2.5. Mecanizado y barnizado de macizos

Como es habitual, se comienza por recepcionar, clasificar y almacenar los macizos. Los rechazos son devueltos al proveedor. Tras ello se efectúa un secado mediante la acción de calor.

A continuación se corta el macizo transversalmente en la máquina llamada OGAM y después longitudinalmente en otra denominada RAYMANN. Los retales de dichos cortes se envían a la trituradora para su posterior incineración en la caldera.

Después, en la moldurera se da al macizo la forma que se desee obtener como moldura y se lija antes de proceder a su tintado. Este se efectúa en la máquina rotativa. Si el macizo que se va a tinter es muy largo, puede no entrar en la máquina rotativa. Por ello hay dispuesta una tintadora especial, o TINTADORA MAURI, que permite el tintado de macizos largos. A continuación, se aplica el barnizado de fondo en la máquina alternativa. Esta máquina alternativa es usada también para aplicar el acabado; existiendo, como siempre, un lijado entre ambas manos.

Los macizos son entonces mecanizados; se cortan a la

medida requerida y se les realizan los taladros necesarios. A continuación, se encolan y montan según las necesidades de fabricación.

Por último, se repasa el conjunto y se le da una nueva capa de barniz con pistola para obtener su aspecto final. Existen 7 cabinas de barnizado de macizos donde el agua es cambiada cada 9 días y vertida al río. Esta última operación no se lleva a cabo para todos los macizos. Se realiza, principalmente, para aquellos que son montados en conjuntos.

Los macizos, se encuentran ya preparados para su montaje final en el mueble, por lo que pasan a un almacén intermedio a la espera de ser necesitados.

2.2.6. Montaje

En esta última fase de la fabricación se ensamblan todos los componentes: tableros, macizos y accesorios (herrajes, vidrios, somieres, piezas de aluminio, etc.) Una vez el mueble está montado, es repasado y acabado. Después se embala y pasa al almacén de expediciones para su envío al cliente.

2.2.7. Actividades auxiliares

En el diagrama general del proceso adjunto, se han incluido los correspondientes a:

- CALDERA: emite gases con un contenido muy bajo en azufre, ya que funciona con serrín.
- MEZCLADORA DE COLAS: donde las colas son preparadas para ser aplicadas en la madera.
- FOSA SEPTICA: está situada bajo el área de prensas y recoge los vertidos de los cuartos de baño más el agua con colas de la limpieza de prensas. Los lodos de la fosa séptica son quemados en el vertedero mientras que las aguas se vierten al río.

2.3. MEDIDAS MEDIOAMBIENTALES ADOPTADAS CON ANTERIORIDAD AL PROYECTO

Danona ha resuelto en gran medida el problema de los desechos de madera típicos de un fabricante de muebles, ya que posee una caldera para la producción de calor y vapor que utiliza serrín como combustible. Los retales de tableros y macizos son llevados a una trituradora que los transforma en serrín que es quemado en la caldera.

Por otra parte, el problema que supondría la emisión de serrín a la atmósfera ha sido suprimido mediante un sistema de aspiración que opera en todas las máquinas y que permite la evacuación del serrín desprendido en todos los procesos que conllevan arranque de material. Este serrín, en el caso de no tener barniz, es llevado a un silo donde se almacena para alimentar la caldera. El serrín que se desprende de superficies barnizadas es llevado a otro silo independiente y se quema en el vertedero ya que tiene alto riesgo de inflamarse.

La caldera emite gases con un contenido bajo en azufre, debido al tipo de combustible que usa.

Utilizan barnices con bajo contenido en formaldehído. El barnizado de tableros se realiza mediante rodillos, lo cual disminuye enormemente la emisión de disolventes orgánicos a la atmósfera. Además, las máquinas de rodillos de barnizado de tableros funcionan con barniz circulando en circuito cerrado; por lo que las pérdidas de barniz –y por tanto los vertidos del mismo– se pueden considerar nulos.

Respecto a las cabinas de barnizado con pistola, están dotadas de unas cortinas de agua que recogen el barniz pulverizado sobrante. Estas cabinas cuentan con unos depósitos donde el barniz se separa del agua. Después el barniz es retirado de la superficie del agua y llevado al vertedero donde se quema.

En cuanto a los tintes, utilizan tintes en base acuosa, que es menos perjudicial que los disolventes orgánicos tradicionales.

Por otra parte, el problema de la evacuación de los residuos sólidos generados en el proceso ha sido resuelto mediante su quema en un terreno adyacente a la factoría propiedad de Danona. Estos residuos están formados en su mayor parte por restos de madera que no son aptos para la trituradora, envases de plástico, trapos, residuos del tipo urbano, los lodos de barniz de las cabinas y el serrín de madera barnizada. Hay que precisar que, si bien mediante esta quema se resuelve el problema de la eliminación de residuos sólidos, se están emitiendo gases de combustión a la atmósfera, existiendo, por otra parte, cierto riesgo de incendio en una zona que está totalmente rodeada de árboles.

2.4. SITUACION MEDIOAMBIENTAL ACTUAL DE LA EMPRESA

En líneas generales se puede afirmar que la situación medioambiental de Danona es buena. Las operaciones de corte y mecanizado de madera no son en sí contaminantes y los problemas surgen, más bien, cuando se procede al barnizado de las superficies.

Danona tiene dos puntos fuertes: el mantenimiento y la limpieza. En muchas ocasiones, los problemas de contaminación que

tienen las empresas vienen por un mal mantenimiento o limpieza interna. La fábrica se mantiene muy limpia y ordenada. El mantenimiento también es bueno y ambas cosas ayudan a disminuir la generación de residuos y emisiones.

Danona es consciente de que los principales problemas ambientales que tiene que resolver en un futuro próximo son los siguientes:

- Vertido de aguas procedentes del proceso –en su mayor parte contaminadas con barniz y disolventes orgánicos– y de los servicios generales de la fábrica, que es efectuado sin ningún tipo de tratamiento. El ayuntamiento de Azpeitia va a poner en marcha una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas aproximadamente 1 Km aguas arriba de donde Danona efectúa sus vertidos. Danona puede sacar partido de ello.
- Eliminación de los residuos sólidos que se generan en la fabricación. El procedimiento actual debe ser sustituido por otro o al menos modificado.
- Disminución de las emisiones atmosféricas de disolventes orgánicos.

Por otra parte, la caldera que Danona tiene actualmente se ha quedado anticuada y parece conveniente su sustitución por otra más moderna que pueda hacer frente con garantías a las cada vez más restrictivas normas y reglamentaciones.

Con esta situación de partida se procedió a hacer un estudio del proceso de fabricación y un inventario de todas las materias primas, materias secundas, aditivos, productos, subproductos, residuos y emisiones de la fábrica.

2.5. DESCRIPCION Y DESARROLLO DE LAS OPCIONES DE MINIMIZACION

Del análisis detallado de los datos recopilados, tras su ordenamiento y clasificación, se constató la posibilidad de desarrollar una serie de opciones de minimización de residuos y emisiones. Estas opciones son las que se describen a continuación:

- 1. Disminución y posible pretratamiento de las aguas residuales.*
- 2. Minimización de la generación y vertido de residuos sólidos.*
- 3. Minimización de las emisiones de disolventes orgánicos y reorganización del sistema de aspiración de serrín, polvo de barniz y disolventes orgánicos.*

4. Sustitución de la caldera actual por otra capaz de cogenerar electricidad y calor.

A continuación se desarrolla en qué consiste cada una de las opciones.

2.5.1. Disminución y posible pretratamiento de las aguas residuales

Descripción de la opción: Los flujos de aguas residuales que son vertidos al río por Danona tienen diferentes características dependiendo de qué parte del proceso proceden:

- Agua de la limpieza de prensas: se trata de agua que lleva en disolución las colas utilizadas para pegar los paneles de chapa a los tableros. Se efectúa diariamente y actualmente se almacena en una fosa séptica que hay bajo las prensas para ser, posteriormente, vertida al río. Danona no tiene datos acerca de la cantidad vertida.
- Agua de los procesos de tintado: lleva en disolución los tintes utilizados en los procesos de tintados. La frecuencia de vertido varía según la máquina y el volumen es de aproximadamente 10 m³ al año.
- Agua de las cabinas de barnizado: las cortinas de agua recirculan por las cabinas durante 9 días y al cabo de los mismos es vertida al río. El volumen total vertido oscila alrededor de 404 m³ por año.
- Agua de la purga de caldera: supone unos 44 m³ de agua al año. Dichas purgas se realizan diariamente.
- Aguas fecales: procedentes de los servicios de la factoría. Parte son depositadas en la fosa séptica donde, tras una decantación por gravedad, son arrojadas al río. La otra parte se vierte directamente al río.

El consumo total de agua de Danona es de aproximadamente 9.000 m³ por año, por lo que se deduce que entre la fosa séptica, aguas fecales y aguas de limpieza utilizan unos 8.500 m³. La mayor parte de las aguas puede ser, por tanto, bombeada a la planta de tratamiento de Azpeitia. Únicamente aquellas que contienen restos de barniz y disolventes orgánicos no serán aceptadas por la planta de Azpeitia. Por ello esta opción está centrada en el agua de las cortinas de las cabinas de barnizado y lo que se ha hecho es diseñar un método para que dichas cortinas puedan ser recicladas y utilizadas durante mucho más tiempo, aproximadamente un año.

Evaluación técnica: En teoría, no existe ninguna razón para cambiar el agua cada 9 días. El agua de las cortinas, con el actual

sistema de las cabinas debe ser renovada periódicamente para que las bombas no se atasquen con las partículas de barniz; pero la periodicidad de 9 días se fijó simplemente por que Danona tiene 9 cabinas y normalmente cambian el agua de una cabina cada día.

Sin embargo, en la práctica está demostrado que es perfectamente posible utilizar el agua de las cortinas durante un año o más. Para ello, basta con dotar al sistema de recirculación de las cabinas con un filtro y una unidad dispensadora de coagulantes. De esta manera, las partículas de barniz floculan quedando retenidas en el filtro. Los disolventes orgánicos se evaporan al circular con el agua. Únicamente habría que añadir pequeñas cantidades de agua para compensar la evaporación de la misma, limpiar los filtros periódicamente y cambiar totalmente el agua del circuito una vez al año.

Actualmente, cada cabina funciona por separado, es decir, tiene su propia bomba y un circuito independiente de agua. Con el fin de ahorrar dinero a la hora de instalar filtros y unidades dispensadoras de coagulantes se podría conectar varias cabinas entre sí, lo que, por otra parte, permitiría una separación más efectiva de barniz y agua. Esto se podría hacer uniendo los pequeños depósitos que se encuentran debajo de las cabinas para recoger el agua de manera que se tomase el agua de la base de uno de ellos y se transvasara a la superficie del siguiente; y así sucesivamente funcionando de este modo los depósitos como separadores con distintas concentraciones de barniz en agua.

Evaluación medioambiental: Con la entrada en funcionamiento de la planta de tratamiento de Azpeitia, Danona verá resuelto el vertido de aguas residuales. Todo el agua residual, que actualmente se vierte sin tratamiento al río, será bombeada a la depuradora de Azpeitia tan pronto como ésta entre en funcionamiento. El único problema que podría existir, el de las aguas de las cabinas de barnizado, se resuelve con el sistema para que éstas recirculen por lo menos durante un año. Con ello, Danona ahorra el consumo de 390 m³ de agua por año y el vertido de la misma cantidad de agua contaminada con barnices y disolventes orgánicos.

Análisis de rentabilidad: Esta opción es prácticamente obligatoria. Tras la entrada en funcionamiento de la planta de tratamiento, el ayuntamiento de Azpeitia prohibirá, con toda seguridad, cualquier vertido de agua contaminada al río; por lo que Danona no tiene más remedio que adoptar las medidas pertinentes para que sus aguas sean tratadas de una u otra forma. Por todo ello no es necesario hacer un análisis en profundidad de la rentabilidad de la opción.

En cualquier caso, el importe total de la inversión depende del número de filtros y dispensadores de coagulantes que se instalen, así como de los metros de tuberías a instalar. Puede variar entre medio millón de pesetas, para un sistema centralizado con un único filtro y dispensador de coagulantes, y dos millones de pesetas, para



el caso de instalar un filtro y un dispensador de coagulantes para cada una de las cabinas. Para el caso intermedio, por ejemplo un filtro y un dispensador de coagulantes cada tres cabinas (que, a priori, parece ser el más aconsejable), el coste de la inversión oscilaría alrededor del millón de pesetas.

En cuanto a los costes de operación, estos se verán incrementados por el uso de productos químicos coagulantes; pero, por otra parte, se reducirán, más o menos en la misma medida, por el ahorro de agua que la recirculación de las cortinas supone.

2.5.2. Minimización de la generación y vertido de residuos sólidos

Descripción de la opción: La mayor parte de los residuos sólidos producidos por Danona se trata de madera. Cerca del 15% de la madera que se compra como materia prima se transforma en residuo. Es el proceso del corte de chapa el que, de una manera especial, genera una gran cantidad de residuos sólidos. El 30% de la chapa se desecha como residuo en forma de retales tras el corte de la misma. En principio, esto es debido a dos causas:

- Por una parte, la madera no es un material homogéneo. Su calidad, color textura, etc. varía mucho incluso dentro de una misma partida. Esto supone que una gran parte de la misma tenga que ser desechada.
- Por otra parte, cuando se cortan las piezas con la forma necesaria para la fabricación del mueble, inevitablemente se producen retales.

El principal objetivo que se fijó el equipo de trabajo del proyecto fue el tratar de reducir la cantidad de desperdicios de chapa. Primeramente se comparó el porcentaje de desperdicios de chapa que Danona tiene con los que se observan en otras empresas similares en Europa y se comprobó que no sólo se encuentra dentro de lo normal, sino que constituye un ratio muy bueno; lo cual refuerza la primera impresión que se tiene al visitar la fábrica acerca de los buenos métodos de trabajo y organización. Entre el 40% y el 45% de desperdicios de chapa es considerado generalmente como normal en muchas industrias europeas.

Sin embargo, dejando a un lado los datos que emanan de la experiencia internacional y no considerándolos como la última palabra; cuando se estudia en detenimiento el proceso de corte que se sigue en Danona, se comprueba que es casi imposible reducir ostensiblemente los desperdicios con los medios actuales.

Danona ya ha aplicado una de las técnicas de minimización al reutilizar internamente los desperdicios de madera como combustible de la caldera. Sin embargo, la chapa y el polvo de madera bar-

nizada no son actualmente quemados en la caldera. La primera, porque atasca la trituradora que Danona utiliza para transformar los trozos de madera en serrín apto para la caldera y, el segundo, porque contiene barniz con alto riesgo de inflamarse y provocar un incendio.

Para poder utilizar la chapa como combustible de la actual caldera existe una solución: se podría instalar una máquina guillotina que cortase la chapa en pedazos aptos para la trituradora. Danona ya ha explorado esta posibilidad y tiene una oferta de una máquina guillotina que transformaría los retales de chapa en cuadrados de aproximadamente 40 mm de lado.

Existe, sin embargo, una solución alternativa más ambiciosa que la anterior porque sirve para otros tipos de residuos sólidos pero algo más complicada también. Se trata de la instalación de un nuevo sistema de producción de calor a partir de la gasificación de residuos sólidos mediante una unidad de pirólisis. Dependiendo del tipo y la cantidad de residuos sólidos generados, de las posibilidades de transformar estos residuos en gas apto para una caldera y de las necesidades de Danona de electricidad y calor, se definirá el tipo y tamaño del vertedero necesario para el resto de los residuos sólidos. Todo esto es discutido en la opción 3.

El segundo tipo más importante de residuos sólidos lo constituyen los envases de barnices y disolventes utilizados (de plástico y metálicos). El primer punto que se debe considerar es la posibilidad de reducir el número de envases usados. Esto se puede conseguir mediante la compra de barnices en envases de mayor capacidad o, incluso, mediante la adquisición de los mismos a granel, en camiones cisterna. Danona, sin embargo, considera que existen algunos problemas para ello dada la gran cantidad de tipos de barnices que utilizan.

De cualquier forma, convendría estudiar las necesidades de Danona en cuanto a tipos y cantidades de barnices para optimizar el uso de los mismos. Los grandes proveedores de barnices, dado el gran volumen de los mismos que Danona consume anualmente, estarán probablemente dispuestos a estudiar y dar consejos acerca de los tipos y la cantidad total de barnices usados, los envases más adecuados, posibilidades de reciclar dichos envases y métodos para reducir las emisiones de disolventes de una forma gratuita.

Cuando dicho estudio esté hecho, será el momento de buscar opciones para reutilizar los envases usados. La optimización del uso de barnices y disolventes se discute, así mismo, en la opción 4.

El resto de residuos sólidos, como restos de barniz procedentes de las cabinas de barnizado, plásticos, papel, cartón, etc. serán tenidos en cuenta a la hora de diseñar el sistema de la caldera

(opción 3). En todo caso el volumen es pequeño y constituye un problema de segundo orden que puede ser abordado en una segunda fase de aplicación del Manual MEDIA.

Evaluación técnica: La minimización de desperdicios de madera es, en su mayor parte, una cuestión de buenos procedimientos y manejo de materiales y ya se ha comentado que parece difícil reducir de forma ostensible el porcentaje de residuos de madera. La transformación de los residuos de madera en gas capaz de ser utilizado como combustible para producir calor y energía es técnicamente posible. Actualmente, se está desarrollando un proyecto similar en Holanda con la ayuda del gobierno que consiste en el diseño de una unidad de gasificación a pequeña escala para la cogeneración de calor y energía eléctrica.

El estudio de la minimización y/o reutilización de los envases de barnices y disolventes debería ser abordado con la ayuda y consejo de uno o dos grandes fabricantes de barnices. Dicho estudio debería realizarse con un enfoque general y completo del problema, analizando los distintos tipos de barniz que se necesitan dependiendo de las aplicaciones de los mismos, la forma más adecuada de envasarlos con el objetivo de reducir el número de envases que se desechan y los modos de reducir las emisiones de disolventes.

El resto de envases usados, que después de este estudio de minimización resultaran ser inevitables, deben ser tenidos en cuenta en la opción 3.

El resto de residuos sólidos pueden ser dejados para más adelante cuando se hayan concluido con éxito las opciones que comprende este informe.

Evaluación medioambiental: El tratamiento que actualmente se da a los residuos sólidos es bastante deficiente desde el punto de vista medioambiental. Dichos residuos son quemados al aire libre en un terreno adyacente a la fábrica propiedad de Danona. Esta combustión produce materias cancerígenas, como carbohidratos aromáticos policíclicos y dióxido de carbono, que son emitidos a la atmósfera sin obtener ningún beneficio energético a cambio.

Cuando esta opción sea llevada a cabo junto con la opción 3, se habrán aplicado de una manera óptima los principios que inspiran el Manual MEDIA:

- En primer lugar, se habrán minimizado los residuos generados por el proceso productivo de Danona.
- Y, en segundo lugar, los residuos que resulten ser inevitables tras el estudio de minimización se eliminarán aprovechando la energía que se puede obtener de ellos.

Análisis de rentabilidad: La minimización de desperdicios de madera mediante la mejora de procedimientos y manejo de materiales es, desde el punto de vista económico, muy interesante ya que las inversiones necesarias para ello son generalmente mínimas o nulas; pero las probabilidades de conseguir mejoras apreciables son remotas.

El coste de una máquina guillotina que transformase la chapa en cuadrados aptos para ser introducidos en la trituradora y posteriormente quemados en la caldera sería de unos 3.000.000 pts. más los costes de instalación. Actualmente Danona tiene que comprar serrín a otras empresas porque no genera residuos de madera como para satisfacer la cantidad que la caldera demanda. Por ello, al instalar la guillotina, el ahorro se obtendría al tener que comprar menos serrín fuera y supondría alrededor de 350.000 pts. por año. Con estas cifras se obtiene un período de retorno de aproximadamente 10 años, que resulta ser demasiado largo.

La rentabilidad de la instalación de una unidad de pirólisis para la gasificación de los restos de madera y la sustitución de la actual caldera por otra capaz de cogenerar electricidad y calor utilizando como combustible el gas de la madera se discute en la opción 3.

En cuanto a la evaluación económica de la minimización del número de envases que actualmente se queman en el vertedero adyacente a la fábrica, Danona está gastando actualmente en el envase aproximadamente 10 pts por litro de barniz parte de las cuales podrían ser ahorradas por medio del uso de bidones de mayor volumen reciclables. Habría que considerar, por otra parte, los costes de recogida, transporte y limpieza de los envases para completar la información necesaria para su evaluación. De cualquier forma, todo esto puede ser discutido y probablemente resuelto con la ayuda de los fabricantes de barnices.

2.5.3. Minimización de las emisiones de disolventes orgánicos y reorganización del sistema de aspiración de serrín, polvo de barniz y disolventes orgánicos.

Descripción de la opción: Danona cuenta con un sistema de aspiración en toda la fábrica que tiene las dos misiones siguientes:

- Aspiración y recogida del serrín desprendido en todas las operaciones que conllevan arranque de material (se separa el serrín de madera sin barnizar del polvo de barniz obtenido en el lijado de superficies barnizadas para evitar el peligro de incendio).
- Aspiración y evacuación a la atmósfera de las emisiones de los disolventes orgánicos empleados para preparar los barnices.

Esta opción se enfocó en tres direcciones principales:

a) *Reducción de las emisiones de disolventes:* Durante el proceso de fabricación del mueble se procede al barnizado de las superficies de madera. Para ello se necesitan barnices con unas determinadas características que cumplan con los requisitos de calidad establecidos al menor coste posible.

A la hora de estudiar la reducción de las emisiones se tendrá por tanto que tener en cuenta tanto los requisitos de calidad que se necesitan como los aspectos y efectos secundarios de los barnices utilizados (costes directos de los materiales, residuos generados, problemas de emisión de disolventes, costes de aspiración, economía de escala, etc.).

b) *Optimización del sistema de aspiración:* Una vez que se ha optimizado el uso de barnices y disolventes, es entonces el momento de proceder a la optimización del sistema de aspiración necesario para recoger el serrín y evacuar las emisiones de disolventes.

Danona dispone de un sistema de aspiración que cuenta con nueve equipos de 100 C.V. cada uno. El sistema de aspiración funciona de forma continuada mientras que las máquinas tienen un índice de ocupación que oscila entre el 25% y el 50%. Esto significa que se está consumiendo más energía eléctrica de la que en realidad haría falta.

Además del uso ineficiente de electricidad, el actual sistema de ventilación tiene otros aspectos negativos que también hay que tener en cuenta, como es el hecho de que debido a un exceso de ventilación se consumirá más energía para calentar la nave que la estrictamente necesaria; cosa que por otra parte también puede influir en el absentismo laboral si tenemos en cuenta que un exceso de corrientes de aire aumenta el riesgo de resfriados.

c) *Reutilización de las emisiones de disolventes:* Cuando ya se han minimizado las emisiones y se recogen éstas mediante un eficiente sistema de aspiración, el último paso a adoptar será el tratar de encontrar una utilidad a las emisiones inevitables, en uno de los dos siguientes modos:

- Utilizar las emisiones de disolventes como combustible de la caldera.
- Condensar dichas emisiones para reutilizar internamente el disolvente o venderlo a una empresa externa.

Evaluación técnica: A continuación se exponen los aspectos técnicos involucrados en los tres puntos que comprende esta opción:

a) *Reducción de las emisiones de disolventes:* Actualmente existen muchos productos nuevos en el campo de los barnices que no contienen disolventes orgánicos o con bajo contenido en los mismos. También existen nuevos sistemas de barnizado con mínimas pérdidas de barniz. En general se observa que Danona realiza el barnizado de tableros de una forma altamente eficiente, con pérdidas prácticamente nulas de barniz y bajas emisiones de disolventes (barnizado mediante rodillos o cortina de barniz). Sin embargo, en el barnizado de macizos, concretamente en las cabinas, el proceso no funciona de forma tan eficiente y sería interesante hacer un análisis más profundo de los modos de optimizarlo.

Una vez más, se insiste en el hecho de que los grandes fabricantes de barnices pueden prestar una valiosa ayuda a este respecto. Los puntos que se deben tener en cuenta son:

- Mínimo uso posible de disolventes.
- Mínima generación de envases residuales.
- Mismo o, si es posible, menor coste de barnizado, teniendo en cuenta todos los factores que influyen en dicho coste.

b) *Optimización del sistema de aspiración:* En líneas generales, dicha optimización se realizaría adaptando el actual sistema de manera que permitiera un corte de la aspiración cuando la máquina en cuestión no está operando. Dicho corte podría ser accionado por el operario manualmente, -solución problemática en la práctica debido a que el operario puede fácilmente olvidarse de ello-, o puede estar directamente conectado a la máquina de manera que cuando ésta trabaje, el conducto de aspiración esté abierto y cerrado en caso contrario. Por supuesto, también habría que adaptar los ventiladores que mueven el aire de manera que variasen de potencia al registrar las variaciones en presión provocadas por las aperturas y cierres de las válvulas de corte.

c) *Reutilización de las emisiones de disolventes:* una aplicación de las emisiones de disolventes orgánicos muy atractiva, sería su combustión dentro de la caldera, de manera que se transformase la emisión en energía útil para la empresa. Sin embargo, hay que tener cuidado con la concentración de disolventes en el aire y se debe mantener siempre baja, por debajo del límite mínimo de

explosión (aproximadamente 0,1% en peso). Una alternativa más compleja y que actualmente se está investigando en algunos países de Europa sería utilizar, como soporte para recoger las emisiones, gases inertes.

Una segunda alternativa sería el aumentar la concentración de los disolventes. En un principio un filtro de membrana podría parecer adecuado para separar los disolventes del aire; pero debido a la baja concentración de disolventes en el aire esto resultaría muy caro. La posibilidad que parece ser más viable para dicha separación es el uso de filtros de carbón activado. Después, el disolvente podría ser separado del carbón activado mediante una corriente de gas inerte y llevada a la caldera para ser quemada.

La tercera alternativa sería separar los disolventes mediante vapor para ser posteriormente condensados y reutilizados en el proceso o vendidos a una empresa externa.

Evaluación medioambiental: La reducción y/o eliminación de las emisiones de disolventes orgánicos tiene una gran importancia desde el punto de vista medioambiental. En toda la fábrica de Azpeitia el olor a carbohidratos es notorio y esto puede producir un mal efecto en visitantes, especialmente si son clientes que proceden del norte de Europa. Además, los carbohidratos son perjudiciales para la atmósfera.

Por otra parte, el hecho de que el sistema de aspiración no funcione de una forma eficiente y se esté desaprovechando energía eléctrica, tiene importancia debido al efecto invernadero.

Análisis de rentabilidad: Consideraremos los tres puntos en que se divide la opción también a la hora de evaluarla desde el punto de vista económico:

a) *Reducción de las emisiones de disolventes:* El estudio de la minimización de las emisiones deberá hacerse entre la gente de Danona y el consejo de los fabricantes de barnices. Estos últimos prestarán su colaboración probablemente de manera gratuita, ya que Danona consume un buen volumen de barnices al año y los proveedores estarán deseosos de dar a conocer sus productos.

Al realizar este estudio deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- Precios de los distintos tipos de barnices.
- Coste de nuevos equipos que puedan ser necesarios.

- Valor que tiene para los clientes de Danona la llamada etiqueta verde.

- Riesgos futuros de emisiones y residuos.

b) *Optimización del sistema de aspiración:* Antes de realizar el análisis de rentabilidad en detalle de esta parte de la opción, es necesario haber llevado a cabo el estudio sugerido en el punto a. Sin embargo, sí se puede hacer una estimación general y aproximada de los beneficios económicos que la optimización del sistema de aspiración puede reportar.

El coste de una nueva instalación que permitiera el corte de aspiración cuando la máquina no está operativa variará mucho dependiendo de las necesidades de aspiración tras la reducción del uso de disolventes y de lo que se pueda aprovechar de la instalación actual; pero, a groso modo, las modificaciones en el sistema de aspiración y las válvulas necesarias para abrir y cerrar la aspiración de manera automática costará entre 15 y 20 millones de pts.

El ahorro que un sistema de este tipo podría suponer en electricidad está en torno a los 300 KW, lo que supone un ahorro anual de unos 10 millones de pts (Danona paga actualmente el kwh a 14,63 pts). Es decir el período de retorno de esta inversión estaría entre un año y medio o dos años. Todo esto sin tener en cuenta las pérdidas de calor que el actual sistema de aspiración supone, ya que el coste de generación de calor es pequeño comparado con el coste de la electricidad y se puede despreciar.

c) *Reutilización de las emisiones de disolventes:* Los disolventes se podrían quemar en la caldera. Este punto debe ser, por tanto, considerado en la opción siguiente.

2.5.4. Sustitución de la caldera actual por otra capaz de cogenerar electricidad y calor

Descripción de la opción: El coste de la electricidad en España es relativamente alto comparado con otros países europeos. Sobre todo, y esto es lo más interesante desde el punto de vista de esta opción, si hablamos de los precios que las compañías eléctricas pagan a empresas capaces de producir y suministrar a la red excedentes de su propia producción de energía eléctrica.

Por otra parte, el valor de los residuos generados por Danona es prácticamente nulo y, además, existen en la zona de

Azpeitia numerosos aserraderos dispuestos a vender el serrín producido en sus fábricas a bajo precio para desembarazarse de él.

Estos dos hechos conjugados son los que hacen muy interesante la posibilidad de cogenerar calor y electricidad utilizando un combustible barato, el serrín y la madera, disponible en esa parte del país. Danona puede producir más electricidad de la que sus instalaciones necesitan y, de esta manera, vender la energía sobrante a las compañías eléctricas incluso durante las horas punta, que es cuando tiene un precio más alto.

Para conocer qué cantidad de electricidad podría vender Danona a las compañías eléctricas, en el caso de que la produjera mediante cogeneración, necesitamos saber cuál es el consumo propio de Danona. Este dato se verá grandemente afectado cuando la opción 3 sea implantada, gracias a los ahorros conseguidos con la optimización del sistema de aspiración. Por ello, para desarrollar esta opción es fundamental haber implantado antes la anterior. De esta manera, conociendo las necesidades de calor y electricidad, se puede calcular el diseño óptimo del gasificador, caldera y generador de electricidad.

Existe, además, un punto que es también claramente favorable a esta opción y la hace aún más atractiva: la caldera actual está totalmente amortizada y, lo que es más importante, se trata de una caldera algo obsoleta que necesita, por ello, ser sustituida.

Evaluación técnica: Pirólisis y gasificación son dos conceptos actualmente conocidos para producir gas a partir de sólidos orgánicos. El primero se realiza en presencia de aire y el segundo en ausencia del mismo. Para grandes producciones de electricidad, por encima de los 50 MW, el sistema más adecuado es el uso de turbinas de vapor a alta presión y temperatura. Sin embargo, para producciones menores —entre 2 y 3 MW, que sería el caso de Danona— el uso de motores de explosión o turbinas de gas es más conveniente.

La elección entre pirólisis o gasificación debe hacerse basándose en la relación entre necesidad de electricidad y necesidad de vapor. Con un sistema basado en la pirólisis de la madera, se obtiene el 10-15% de energía en forma de electricidad y el 65-70% de energía en forma de calor. En cambio, con un gasificador se puede producir entre un 25-35% de electricidad y un 40-50% de calor. El gas obtenido —bien sea mediante pirólisis, bien sea mediante gasificación— se puede utilizar en una turbina de gas o quemar en un motor de explosión. Sin embargo, la turbina puede dar problemas graves, ya que el gas que se obtiene de la madera es muy heterogéneo en su composición y esto da lugar a la condensación de los gases en distintas partes de la turbina al existir grandes diferencias de presión en el interior de la misma.

A la vista de todos estos datos, el sistema más adecuado para Danona parece ser, en principio, el de un gasificador más un

motor de explosión. No obstante, sería necesario realizar un estudio más detallado para decidir el sistema final que se debería implantar.

En Holanda existe un proyecto en curso para diseñar, desarrollar e implantar un sistema para la cogeneración de electricidad y calor mediante un gasificador y un motor de explosión utilizando madera.

En el caso de Danona, además de la madera, se podrían utilizar los envases de plástico para la obtención de gas.

Evaluación medioambiental: Desde el punto de vista medioambiental, la idea de eliminar los residuos sólidos que la fábrica genera incinerándolos de una manera controlada, en lugar de al aire libre como se hace ahora mismo, y obteniendo, por otra parte, energía eléctrica y calor de la combustión de los mismos es muy buena. Los efectos positivos de la misma son los siguientes:

- Se suprime la quema de residuos sólidos al aire libre, evitando la emisión incontrolada de gases de combustión y evitando peligro de incendios (Danona está rodeada de bosques).

- Se eliminan residuos sólidos aprovechando parte de la energía que llevan dentro.

- Se ahorra la compra de combustible, al poder utilizarse materiales que hasta ahora se quemaban al aire libre.

Sin embargo, se deben tener en cuenta todos los aspectos involucrados en la opción si se quiere asegurar que la misma tendrá únicamente efectos positivos. Es importante investigar la composición y características de los materiales residuales que se van a utilizar para no encontrarse con sorpresas desagradables respecto a los gases de combustión. Especialmente la cámara de combustión y conducciones de escape de gases pueden ser corroídas rápidamente si se producen gases como HCl o condensados como H_2SO_3 ó H_2SO_4 . Además, se debe asegurar que el nuevo sistema no producirá gases contaminantes, no sólo los actualmente prohibidos por la legislación vigente sino aquellos que puedan estar prohibidos en el futuro.

Análisis de rentabilidad: Con los datos actuales es imposible realizar un análisis de rentabilidad completo de la opción, pero es perfectamente posible calcular en grandes números cuál será la inversión y cuáles los ahorros brutos anuales conseguidos.

En 1991, la producción de vapor de la caldera fue de 5.300 Tm de vapor. Para generar esta cantidad de vapor, Danona utilizó aproximadamente 1.700 Tm de madera, lo que significa que con la actual caldera Danona consigue 3 Tm de vapor por cada Tm de madera que quema. De estas 1.700 Tm, alrededor de 700 Tm fueron retales de madera y serrín generados como desperdicios del propio

proceso de la fábrica y se compraron externamente 1.000 Tm de serrín como combustible. El costo anual aproximado de esta compra es de 3.000.000 de pts.

Actualmente, Danona tiene una serie de desperdicios de madera que no utiliza como combustible para la caldera por diversos motivos. Los principales son la chapa -debido a que atasca la trituradora- y el polvo de superficies barnizadas -debido al peligro de ignición. Con la instalación de un gasificador, sería también posible utilizar estos residuos como combustible de la caldera. Los residuos de madera que serían aprovechados gracias al nuevo sistema constituyen unas 600 Tm al año.

Danona está consumiendo una media de 2,4 MW, pero no puede generar toda esa electricidad porque de hacerlo así cogeneraría, al mismo tiempo, tal cantidad de vapor que le sobraría la mayor parte del mismo. Por tanto Danona debe cogenerar la cantidad de electricidad adecuada a la cantidad de vapor que necesita. El 40% de los días el consumo medio de vapor es 12 Tm por día (meses de verano), que equivale a un consumo de 4 Tm de madera por día. Con el nuevo sistema de gasificación, Danona podría cogenerar durante este 40% de los días hasta 0,5 MW, empleando para ello únicamente una Tm extra de madera. El 60% de los días el consumo medio de vapor es 24 Tm, que es actualmente producido utilizando 8 Tm de madera por día. Con el nuevo sistema de gasificación de madera, Danona podría cogenerar durante ese 60% de los días hasta 1 MW y necesitaría usar para ello 2 Tm extras de madera.

Por ello, en el análisis general de rentabilidad que aparece más abajo se han considerado dos posibilidades diferentes:

- a) La implantación de una instalación con capacidad para cogenerar 0,5 MW. El coste de una instalación de estas características estaría alrededor de los 25.000.000 de pts.
- b) La implantación de una instalación con capacidad para cogenerar 1 MW. El coste de una instalación de estas características estaría alrededor de los 45.000.000 de pts.

a) Evaluación económica de una planta capaz de cogenerar 0,5 MW:

- Ahorros compra electricidad de la red: 500 KW x 2135 h/año x 14,63 pts/KWh + 15,6 M pts.

- Incremento consumo madera: 230 días x 1 Tm/día x 3.000 pts/Tm - 0,7 M pts.

- Ahorro en compra madera por la mejor utilización de los residuos internos: 600 Tm x 3.000 pts/Tm + 1,8 M pts.

- Costes de mantenimiento: - 0,3 M pts.

- *Generación y suministro de electricidad a la red (2 horas punta por día):* $500 \text{ KW} \times 460 \text{ h/año} \times 18 \text{ pts/KWh} \dots\dots + 4,1 \text{ M pts.}$

- *Incremento consumo madera para el suministro de electricidad a la red:* $230 \text{ MW/año} \times 0,8 \text{ Tm/MW} \times 3.000 \text{ pts/Tm} \dots - 0,6 \text{ M pts.}$

AHORRO BRUTO ANUAL + 19,9 M pts.

Como el coste de la inversión es de 25 M pts. el período de retorno se encontraría entre un año y dos años.

b) Evaluación económica de una planta capaz de cogenerar 1 MW:

- *Ahorros compra electricidad de la red:*

$1.000 \text{ KW} \times 1281 \text{ h/año} \times 14,63 \text{ pts/KWh} \dots\dots + 18,7 \text{ M pts.}$

$500 \text{ KW} \times 854 \text{ h/año} \times 14,63 \text{ pts/KWh} \dots\dots + 6,2 \text{ M pts.}$

- *Incremento consumo madera:*

$138 \text{ días} \times 2 \text{ Tm/día} \times 3.000 \text{ pts/Tm} \dots\dots - 0,8 \text{ M pts.}$

$92 \text{ días} \times 1 \text{ Tm/día} \times 3.000 \text{ pts/Tm} \dots\dots - 0,3 \text{ M pts.}$

- *Ahorro en compra madera por la mejor utilización de los residuos internos:* $600 \text{ Tm} \times 3.000 \text{ pts/Tm} \dots\dots + 1,8 \text{ M pts.}$

- *Costes de mantenimiento:*..... - 0,4 M pts.

- *Generación y suministro de electricidad a la red (2 horas punta por día):* $1.000 \text{ KW} \times 460 \text{ h/año} \times 18 \text{ pts/KWh} \dots\dots + 8,3 \text{ M pts.}$

- *Incremento consumo madera para el suministro de electricidad a la red:* $460 \text{ MW/año} \times 0,8 \text{ Tm/MW} \times 3.000 \text{ pts/Tm} \dots - 1,1 \text{ M pts.}$

AHORRO BRUTO ANUAL + 32,4 M pts.

Como el coste de la inversión es de 45 M pts. el período de retorno se encontraría alrededor de los dos años.

En el caso de que no se quiera acometer la inversión de una instalación de 1 MW debido al importante incremento que supone respecto a la de 0,5 MW, siempre se puede empezar con una instalación de 0,5 MW y, una vez que se ha comprobado los ahorros brutos anuales y los beneficios que la misma reporta, ampliar dicha instalación hasta 1MW.

Por supuesto, esta futura ampliación debe ser prevista a la hora de instalar la primera de 0,5 MW de manera que sea fácil realizarla. La inversión necesaria para ampliar la primera instalación hasta 1MW se encuentra en torno a los 20.000.000 de pts y los ahorros brutos conseguidos por año con la nueva instalación alrededor de 12.500.000 pts; por lo que esta segunda instalación tendrá un período de retorno de aproximadamente dos años y tres meses.

Antes de decidir la implantación final de esta opción es necesario realizar un estudio más profundo de esta opción y, así mismo, seguir de cerca la evolución del proyecto de parecidas características que se está desarrollando en Holanda. Sin embargo, en general, ésta es una opción muy interesante y prometedora a la que Danona debe prestar atención.

Empresa: FREIXENET

Sector: AGROALIMENTARIO



Equipo de trabajo:

- **FREIXENET:** J. L. Bori
J. Font

- **HASKONING:** A. Baena
H. Berns
E. De Elfo
A. Van Ewijk
T. Van Uitert
L. R. Wildschut

3.1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Freixenet es la cabeza de un gran grupo dedicado a la producción de vinos espumosos (cavas) con una tradición de más de 100 años.

La experiencia piloto del proyecto de aplicación del Manual MEDIA se ha llevado a cabo en la fábrica que Freixenet tiene en Sant Sadurni d'Anoia en la provincia de Barcelona. El proceso productivo ha evolucionado desde la fabricación del cava de una forma artesanal a la producción del mismo industrialmente, preservando la calidad y el sabor del pasado. Los métodos de producción están bien definidos y rigurosamente controlados. Lo mismo ocurre con la calidad del producto.

Las instalaciones básicas de la fábrica de Sant Sadurni d'Anoia datan de 1965, si bien han cambiado en los últimos 27 años. La fábrica cuenta en la actualidad con 320 empleados, de los cuales nueve son directivos y el resto mandos intermedios, personal administrativo y mano de obra directa.

La producción anual de esta fábrica es de aproximadamente 50 millones de botellas al año, que son vendidas en todo el territorio nacional y, también en el exterior (Freixenet exporta más del 50% de su producción).

La estructura de Freixenet es la normal en compañías con fabricación propia. Cuenta con un gerente que es el máximo responsable de la fábrica y que rinde cuentas a la dirección general del grupo Freixenet. Dependiendo de este gerente se encuentran los jefes de producción, mantenimiento, compras, garantía de calidad, dirección técnica y personal.

El vino de cava es un producto fuertemente estacional. Además su fabricación es un proceso largo que necesita el almacenamiento del vino espumoso en las cavas de la factoría durante un período que oscila entre los nueve meses y los cinco años, dependiendo del cava. Todo ello significa que Freixenet cuenta con stocks elevados que son inevitables por el propio proceso en sí y por las limitaciones en flexibilidad de producción que toda factoría tiene para afrontar estacionalidades.

El proceso de elaboración del cava en Freixenet empieza con el seguimiento de la maduración de la uva en la viña y termina con la expedición de botellas de cava para su venta al público.

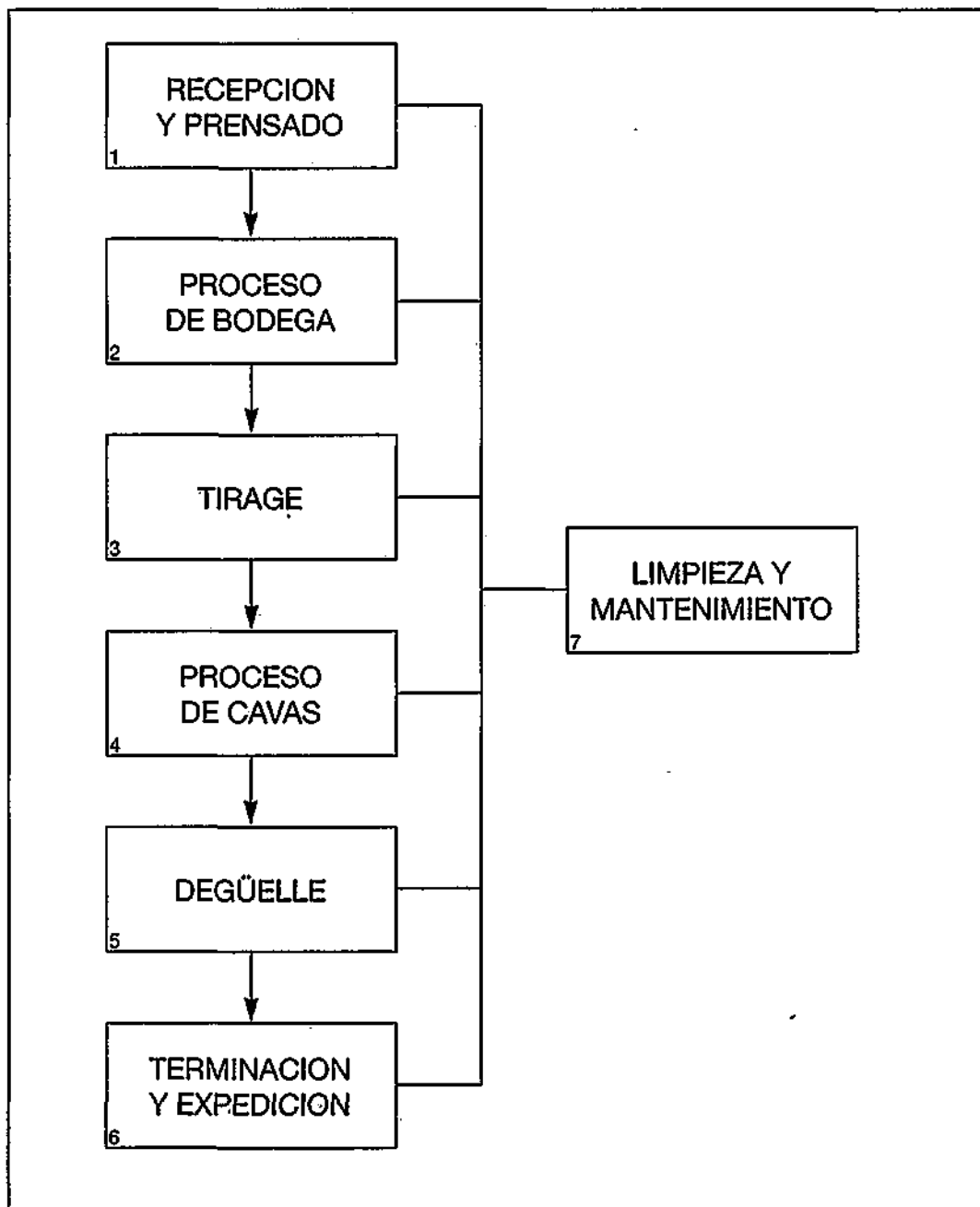
3.2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION

Las principales etapas del proceso productivo de Freixenet son las siguientes:

1. Recepción y prensado.
2. Bodéga.
3. Tirage.
4. Proceso de cavas.
5. Degüelle.
6. Terminación y expedición.
7. Limpieza y mantenimiento de las instalaciones.

En la figura 1 aparece el diagrama general del proceso de FREIXENET y, a continuación se desarrolla cada una de las etapas del proceso más en profundidad.

FIGURA 1: DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO FREIXENET



3.2.1. Recepción y prensado

Freixenet elabora sus cavas con 3 tipos de uvas: Xarel-lo, Macabeo y Parellada. Como ya se ha dicho, el proceso comienza con el control y seguimiento de la uva en la viña, analizando las condiciones climáticas del año en cuestión, temperaturas, pluviometría, horas de sol, humedad relativa, etc. También se hace un seguimiento del estado sanitario de las vides, controlando la existencia o no de plagas y hongos. Es Freixenet quien decide cuando las uvas deben ser recolectadas.

Una vez recolectadas, las uvas son recibidas en Freixenet por variedades. Vienen embaladas en cajas de plástico que son lavadas (con agua) y reutilizadas. Los pallets son también reutilizados. Las uvas son descargadas por variedades en las prensas.

La extracción del mosto se efectúa mediante prensas neumáticas horizontales totalmente automáticas y los residuos obtenidos en esta operación, principalmente hollejos y pepitas, son vendidos a la alcoholera.

Tras su paso por las tinas de recogida y camino del filtrado, al mosto se le añade SO_2 produciéndose el sulfitado del mismo que evita su oxidación. Por último, y antes de pasar el vino a la bodega para la primera fermentación se realiza un filtrado mediante un filtro rotativo al vacío sobre capa de perlita. El residuo de perlita es vendido, también, a la alcoholera.

3.2.2. Proceso de bodega

En la bodega tiene lugar la primer fermentación. Se realiza en depósitos de acero inoxidable a temperatura controlada y con la ayuda de agitadores de homogeneización. Antes de verter el mosto, se prepara la base del depósito con levaduras y clarificantes (bentonita + celulosa + caesinato potásico) y, si es necesario, se añaden coadyuvantes (ácido tartárico). Como salidas de este proceso se obtiene ya el vino y unos lodos residuales (levaduras, sólidos, bentonitas, etc.) que son vendidos a la alcoholera.

Al vino obtenido tras la primera fermentación se le efectúa un primer trasiego y primer filtrado mediante filtro bicapa de perlitas y diatomeas. Las perlitas y diatomeas, una vez agotadas, son enterradas en un terreno adyacente a la fábrica. A continuación se realiza la mezcla de los distintos vinos varietales que hasta ahora habrían sido manipulados separadamente. Esta operación se denomina coupage. Tras la mezcla, el vino es refrigerado hasta que se produce el precipitado del tartrato potásico.

Por último, antes de embotellar el vino se procede a realizar un segundo filtrado con diatomeas de dos granulometrías diferentes. Los lodos compuestos por dichas diatomeas y partículas

sólidas son enterrados en fosos. El vino, una vez filtrado y reposado, queda dispuesto para la fase de tirage. Una pequeña parte de este vino se desvía para su almacenamiento y tratamiento en roble.

3.2.3. Tirage

Al vino procedente del proceso de bodega, se le añade una pequeña proporción de licor de tirage antes de ser embotellado. El licor de tirage es una mezcla del vino obtenido en la fase anterior con levadura, azúcar, bentonita, gelatina y, ocasionalmente, ácido cítrico.

Es entonces cuando se efectúa el embotellado del vino, proceso llamado tirage. El vino es tapado mediante un tapón obturador y un tapón corona. Este último es marcado con un código de identificación. Durante todo este proceso de embotellado se producen las consiguientes mermas (vino, vidrio, obturador, tapón corona) que son vendidas como subproducto, además de residuos de embalajes (pallets, tablex, cajas de cartón, plásticos, etc.) que en parte son reutilizados y en parte vendidos como subproductos. Además, en toda la línea se utiliza como lubricante para las cintas una disolución de agua y jabón.

A la salida de la línea de llenado de botellas, estas se colocan en pallets de forma horizontal enfrentada para permitir la segunda fermentación en cavas. En este proceso de arrimado también se producen mermas.

3.2.4. Proceso de cavas

Los pallets son, entonces, bajados a las cavas para realizar la segunda fermentación. Las botellas reposan en la posición descrita en el interior de las cavas entre nueve y doce meses. Se produce la transformación del azúcar en alcohol y CO₂. Siempre existen mermas por roturas de botellas debido al aumento de presión. Si dichas roturas son mayor que el 0,3% se cargan al proveedor.

Una vez que el período de fermentación ha terminado, las botellas son retiradas de los pallets y colocadas en contenedores metálicos con la boca invertida (sin llegar a estar totalmente verticales) para su posterior removido. También aquí se producen mermas por roturas de botellas durante la manipulación.

Durante el tiempo que las botellas permanecen en el contenedor, éste es ligeramente agitado manualmente para facilitar el decantado de los posos producidos en la segunda fermentación sobre el tapón obturador. Este proceso dura aproximadamente 15 días.

3.2.5. Degüelle

Cuando el removido ha terminado las botellas son retiradas de los contenedores metálicos y puestas en línea en posición vertical invertida, haciéndolas circular introducidas parcialmente en un baño de salmuera a baja temperatura, de forma que durante este recorrido los posos con el vino situado junto al tapón obturador se congelan.

Las botellas llegan entonces mediante una cinta transportadora a la máquina de degüelle. Una lámina metálica penetra entre el tapón corona y el cuello, abre la botella y debido a la presión interna de CO₂ el tapón corona, el obturador y el vino congelado con los posos salen despedidos. Estos son absorbidos y debidamente separados para su venta a empresas externas (el vino con los posos es vendido a la alcoholera).

Después de ser expulsados los posos, se extrae una pequeña cantidad de vino (que va a la alcoholera) y la botella se rellena con el "licor de expedición" (vino de roble + azúcar). Las botellas pasan entonces a la fase de terminación y expedición.

3.2.6. Terminación y expedición

En la línea de terminación, las botellas son encorchadas y se les pone el bozal. A continuación se lavan con agua, se etiquetan y se les pone la cápsula. Las botellas son embaladas en cajas de cartón de 6 unidades. Todas las operaciones de terminación descritas hasta ahora están automatizadas. El paletizado de estas cajas es el único eslabón del proceso de terminación que no está automatizado. Una vez paletizadas, las botellas están listas para su paso al almacén de expediciones desde donde se envían a los clientes.

3.2.7. Limpieza y mantenimiento de las instalaciones

Limpieza de prensas: se realiza con una disolución de amoníaco que se vierte posteriormente al desagüe.

Limpieza de depósitos primera fermentación: se realiza con una disolución de sosa y amoníaco. A la salida, se hace recircular la sosa mientras que el resto se vierte al desagüe.

Limpieza de torres de refrigeración: se realiza con una disolución de antialgas (CHEM-C-121) y fosfatos en agua que son vertidos al desagüe posteriormente.

Limpieza de cadena tirage: se realiza con agua y jabón (vertido al desagüe).

Limpieza de la cadena de terminación: se realiza con agua y jabón (vertido al desagüe).

Tareas de engrase y lubricación: todos los aceites y grasas procedentes del mantenimiento de la maquinaria son recogidos en el taller mecánico y retirados por una empresa externa.

Equipos de refrigeración: utilizan Freon-22. Se producen emisiones a la atmósfera de este gas.

Laboratorio: el laboratorio de la fábrica a fin de realizar las pruebas necesarias utiliza diversos productos químicos que son vertidos al desagüe.

Reparación y reutilización de pallets y contenedores: los pallets son reparados y reutilizados en todo el proceso productivo.

3.3. MEDIDAS MEDIOAMBIENTALES ADOPTADAS CON ANTERIORIDAD AL PROYECTO

De la visita a la fábrica se desprende la impresión de que Freixenet es una empresa preocupada por los aspectos medioambientales de su fabricación. Buena prueba de ello son las numerosas medidas correctoras del impacto ambiental que ya estaban adoptadas previas a la ejecución piloto del Manual MEDIA. Entre ellas se pueden citar las siguientes:

- Todos los residuos que Freixenet obtiene con alto contenido en azúcar o alcohol son vendidos a una alcoholera que los utiliza como materias secundarias en su proceso de fabricación.
- Lo mismo ocurre con las mermas (botellas rotas), tapones obturadores, tapones corona, etc. generados durante su proceso. Todos ellos son vendidos como subproductos a compañías externas que los reutilizan. Las grasas y aceites de engrase de la maquinaria son entregados a otra empresa que los recicla.
- El número de pallets y contenedores que Freixenet utiliza para la fermentación del vino en cavas es muy elevado. Por ello cuenta con un taller de reparación de los mismos que permite su reutilización. De esta manera los residuos generados por pallets y contenedores en mal estado se han minimizado enormemente.

3.4. SITUACION MEDIOAMBIENTAL ACTUAL DE LA EMPRESA

Como ya se ha comentado, Freixenet tiene ciertamente preocupación por el impacto ambiental que su proceso productivo supone y, como consecuencia de ello, su situación en tal aspecto es buena. Sin embargo, existen ciertos puntos que pueden ser mejorados.

El principal es, sin duda, el tema de las aguas residuales, que son vertidas al río sin tratamiento. El volumen de las mismas es importante, aproximadamente 50.000 m³ al año, por lo que este punto ha sido el centro de atención a la hora de generar las opciones de minimización.

En cuanto a vertidos al suelo, destaca el hecho de que las perlitas y diatomeas utilizadas en el proceso de filtración se tengan que evacuar con una frecuencia relativamente alta. El método escogido para ello es el enterramiento de las mismas en un terreno próximo a la fábrica, propiedad de Freixenet, lo cual no es del todo un método ortodoxo. También se ha prestado atención a ello en las opciones de minimización.

Por último está la parte de las emisiones atmosféricas. Las bodegas son mantenidas permanentemente a una temperatura de aproximadamente 11-14°C. Además de ello, Freixenet utiliza para cada uno de los depósitos de fermentación un sistema de enfriamiento independiente de manera que la temperatura dentro de los depósitos de refrigeración está en torno a los -4°C. El fluido refrigerante utilizado es Freon-22. Por lo tanto, el único problema relativo a emisiones atmosféricas de Freixenet es la emisión esporádica de Freon-22. Este aspecto también se contempla en las opciones escogidas.

3.5. DESCRIPCIÓN DE LAS OPCIONES DE MINIMIZACIÓN

Tras el estudio detallado de la información recolectada mediante el inventario global del proceso, se encontraron las siguientes opciones de minimización de residuos y emisiones:

1. Minimización del gasto de la solución jabonosa lubricante.
2. Optimización y minimización del consumo de agua.
3. Regeneración de perlitas y diatomeas.
4. Sustitución del freon-22 por otro fluido refrigerante.

A continuación se desarrollan las opciones.

3.5.1. Minimización del gasto de la solución jabonosa lubricante

Descripción de la opción: El transporte de botellas se hace mediante bandas transportadoras. Para suavizar el rozamiento de las botellas entre si y contra las cintas transportadoras, las bandas se lubrican con una solución jabonosa, compuesta de agua y un producto llamado Translube.

Se utilizan 32 m³/año de Translube que se mezcla al 60% con agua, (60% agua - 40% Translube), hasta un total de 53 m³/año.

En volumen es una cantidad insignificante, pero es vertida al río en su totalidad y, por sus características, puede influir en el funcionamiento de una futura depuradora.

Por ello, merece la pena estudiar la posibilidad de minimizar la dosificación del lubricante con el fin de ahorrar Translube y reducir la carga de esta sustancia en las aguas residuales.

Evaluación técnica: La solución del trabajo de minimización se ejecuta en dos etapas:

1. Buscar los puntos críticos donde la dosificación del lubricante debe ser máximo. Esto será por ejemplo en los puntos de llenado de botellas y en el lavado exterior de botellas donde vino y/o agua pueden disolver el lubricante.

Se reduce la dosificación general del lubricante, observando el grado de lubricación en los puntos críticos, hasta llegar a un nivel aceptable, pero reducido.

2. Se buscan los tramos donde exista un exceso de lubricante. Mediante la eliminación de boquillas en este tramo se reduce la dosificación.

Evaluación medioambiental: Ya que el total del lubricante utilizado llegará a las aguas residuales de la fábrica, el efecto de la minimización de la dosificación se refleja directamente en la calidad de las aguas residuales.

Además, en una planta depuradora este tipo de componentes pueden ser la causa de una baja sedimentabilidad del lodo activado y pueden disminuir la capacidad de transferencia de oxígeno en el tanque de aireación. Por ello, no conviene abusar del Translube, especialmente si se está pensando en instalar una planta de tratamiento de aguas.

Análisis de rentabilidad: La inversión necesaria para ejecutar esta opción es prácticamente nula y los beneficios claros:

- Ahorro de Translube (Freixenet gasta, actualmente, alrededor de 3.600.000 pts).
- Mejora del rendimiento de una futura planta depuradora.

Estas razones justifican la implantación de esta opción y no es necesario realizar un análisis de rentabilidad más profundo.

3.5.2. Optimización del uso de agua

Descripción de la opción: En la fábrica se producen 50.000 m³/año de aguas residuales que son vertidos al río sin tratamiento. Se distinguen 4 puntos de vertido, de los cuales no se conocen en detalle los caudales y la composición.

- Punto A: Aguas del laboratorio, torre de refrigeración, prensas, lavado de cajas de vendimia, filtros bodega nueva y depósitos bodega nueva. En la época de cosecha se utiliza entre 100 y 200 m³/día para el lavado de cajas de vendimia. En el resto del año el caudal es menor, aunque desconocido.
- Punto B: Lavabos de la zona de prensas y aguas de la línea de tiraje 201.
- Punto C: Servicios oficinas, aguas de las líneas de degüelle, de los compresores, de las líneas de botellas en punta, de la torre de degustaciones, del filtro vacío de la bodega vieja y de los depósitos de la bodega vieja.

La mayoría de las fuentes de aguas residuales son flujos pequeños o con tales características que no es justificable estudiar opciones de minimización o reutilización, como en el caso de aguas residuales del laboratorio o de los servicios. Sin embargo, en su totalidad, el volumen de agua usada vertido por Freixenet es grande (aproximadamente 50.000 m³) y en muchos puntos con un gran contenido en materias orgánicas (azúcares, alcohol, etc.). Como botón de muestra se puede citar el caso del agua de limpieza de filtros. Después de ser realizada una operación de filtrado, se procede a la limpieza del filtro con agua. Freixenet ha realizado la medición de la DQO de este agua y ha obtenido valores de 2.000-3.000 mg/l, que es un valor ciertamente alto.

Por ello, y puesto que el uso que hace Freixenet del agua es racional, sólo cabe pensar en que la siguiente acción a tomar es la instalación de una solución fin de línea: una planta depuradora de aguas.

Sin embargo, existe un punto donde Freixenet puede aplicar el Manual MEDIA para optimizar su consumo actual de agua. Existe la posibilidad de reutilizar el agua del lavado exterior de botellas para efectuar un primer lavado de cajas en época de vendimia.

A continuación se desarrolla la evaluación técnica de esta alternativa.

Evaluación técnica: El consumo diario de agua de Freixenet se encuentra alrededor de los 200 m³. Sin embargo, durante el mes que dura la vendimia, el consumo diario aumenta hasta alcanzar aproximadamente los 400 m³. Esto significa que para la limpieza de cajas de vendimia se utilizan unos 200 m³/día extra. No se conoce la composición de las aguas residuales de la limpieza de cajas, pero, en general, se trata de materia sólida gruesa (pepitas, hollejos, trocitos de ramas, etc.) que puede sedimentarse o ser removido como material flotante. Es materia de fácil degradación (azúcares) y este flujo se presta a un tratamiento biológico.

La capacidad de una planta depuradora basada en la situación actual debe ser de 400 m³/día, dado que, en época de cosecha, debe ser capaz de tratar las aguas residuales normales, incluyendo el agua de lavado exterior, más el agua de lavado de cajas de vendimia. Fuera de la época de cosecha el caudal está alrededor de 200 m³/día más bajo.

La mayoría de las unidades de tratamiento de una planta depuradora se dimensionan con criterios hidráulicos, así que para poder tratar las aguas residuales del lavado de cajas de vendimia se tendría que duplicar el tamaño de la planta.

Se puede estudiar la posibilidad de reciclar las aguas de lavado exterior de botellas para un primer lavado de las cajas de vendimia. Debería entonces emplearse un segundo lavado de estas cajas para lograr un suficiente grado de limpieza. De esta forma el caudal total de las aguas residuales no incrementa en forma importante en época de cosecha.

Dada la falta de información detallada sobre los caudales, fluctuaciones de caudal y la composición de los flujos de aguas residuales no es posible hacer una evaluación extensa.

El reciclaje de las aguas de lavado exterior para su utilización en un primer lavado de cajas de vendimia solamente es una opción interesante desde el punto de vista de reducción de la capacidad de una futura planta depuradora, ya que el ahorro económico en agua que se produce no lo justifica por sí solo.

La capacidad de la línea de aguas de reciclaje debe basarse en el consumo medio para el lavado de cajas. El sistema de reciclaje tendría la siguiente configuración:

- Recolección del agua de lavado.
- Rejillas finas (para etiquetas, plástico etc. Capacidad alrededor de 200 m³/día, a determinar)
- Sedimentador (para vidrio, arena. capacidad aproximadamente 200 m³/día, a determinar)
- Tanque de amortiguación (el volumen del mismo depende de la continuidad del caudal en la línea de lavado exterior. Puede eliminarse si el caudal es constante y excede la demanda de agua de lavado de cajas)
- Bomba (capacidad en torno a 200 m³/día, a determinar)

Este sistema podría significar la reducción del volumen del sistema de aireación de la depuradora en un 30 - 50%, dependiendo de la reducción de volumen y la carga orgánica. La reducción en el área del tanque de sedimentación es directamente proporcional

con la reducción en el caudal de diseño para época de vendimia sin y con reciclaje.

Evaluación medioambiental: La ventaja, en términos medioambientales, de la reutilización del agua de lavado de botellas para un primer lavado de cajas de vendimia estriba en una reducción del gasto de agua y en una reducción de la carga contaminante total.

Análisis de rentabilidad: En el caso de una reutilización del agua de lavado de botellas para una primera limpieza de cajas, la rentabilidad de la opción depende de la necesidad o no de construir una depuradora propia. Sin depuradora propia la opción no resulta rentable, porque la inversión en el sistema de reciclado no se compensa con el ahorro en agua.

En caso de tener que diseñar una depuradora el sistema de recirculación se paga, sobradamente y en un tiempo corto, con la reducción en la capacidad la depuradora.

En cualquier caso, el cálculo de la rentabilidad no puede realizarse sin una caracterización previa de los flujos de agua en términos de caudal y composición.

3.5.3. Regeneración de las perlitas y diatomeas

Descripción de la opción: Las perlitas y diatomeas son los agentes filtrantes que se utilizan para la clarificación del vino.

Primeramente se realiza un filtrado al mosto, después de su prensado, mediante un filtro rotativo al vacío, utilizando para ello perlitas.

Después, y una vez que ya se ha transformado el mosto en vino, se efectúa un primer filtrado del vino con un filtro bicapa de perlitas y diatomeas. Por último, tras el coupage de los vinos (mezcla de los distintos vinos varietales), se vuelve a filtrar el vino, esta vez utilizando diatomeas en dos granulometrías diferentes.

Los lodos residuales de estas filtraciones, que se componen de perlitas, diatomeas y lodos orgánicos son enterrados en un terreno adyacente a la fábrica.

La cantidad y el coste anuales de los materiales filtrantes son los siguientes:

- Perlitas (Dicalite)	75,0 Tm/año	3.825.000 Pts/año
- Diatomeas (Fibroxel)	16,2 Tm/año	4.698.000 Pts/año
- Diatomeas (Diatocel)	9,0 Tm/año	1.125.000 Pts/año
- Diatomeas (Microflux)	1,8 Tm/año	1.242.000 Pts/año
TOTAL	102,0 Tm/año	10.890.000 Pts/año

El costo anual total de las materias filtrantes asciende a 11 millones de Pts, sin contar con el costo de la eliminación de los lodos (que es prácticamente nulo), por lo que se consideró que era interesante estudiar qué alternativas existían.

En primer lugar, y siguiendo las técnicas de prevención de la contaminación, se pensó en procesos filtrantes alternativos que no produjeran este tipo de residuo. Existe un nuevo sistema de filtración mediante filtros de fibra y que podría ser utilizado en el caso de Freixenet.

Otra posibilidad que se contempló, fue la regeneración de las perlitas y diatomeas para utilizarlas de nuevo en el proceso de filtrado.

También se analizó la posibilidad de acudir al reciclaje de las perlitas y diatomeas para su utilización en otra etapa del proceso productivo. En este sentido, se consideró interesante su utilización como aditivo en el proceso de deshidratación de fangos de depuración. La agregación de los lodos mejora la deshidratación de los fangos de depuración. La mezcla deshidratada, luego, es evacuada a un vertedero.

Por último, también se estudió la posibilidad de encontrar empresas externas que estuviesen interesadas en este tipo de residuo, es decir, acudir al reciclaje externo.

Evaluación técnica: A la hora de efectuar la evaluación técnica, se seguirá el mismo orden que se ha definido para las distintas alternativas en el apartado anterior; y que coincide con el correcto orden de aplicación de técnicas de prevención.

Según eso, la primera posibilidad a estudiar es la sustitución de la filtración con perlitas y diatomeas por otros principios de filtración. Existe un nuevo método de filtración basado en la utilización de filtros de fibra. Los sólidos son captados por el filtro de fibra, donde se forma una capa de lodos que incrementa el efecto filtrante. El paso del filtro es 5 μ . La limpieza es automática mediante chorro de agua a alta presión y se realiza, bien por tiempo, bien cuando se registra una determinada diferencia de presión en el filtro. Además, la limpieza conlleva un bajo consumo de agua.

El principal problema estriba en que no se ha encontrado experiencias de aplicación de estos filtros en fabricantes del tipo de Freixenet. Los filtros de fibra aún no se han utilizado para fines alimentarios, por lo que se requeriría una investigación previa y una serie de ensayos. Lo interesante de esta opción es que se elimina el gasto de perlitas y diatomeas y el filtro no necesita otro tipo de agente filtrante. La limpieza, como ya se ha comentado, se realiza con un volumen pequeño de agua.

No es posible detallar la configuración de esta opción sin un ensayo a escala piloto. En este ensayo se deben estudiar y evaluar los siguientes puntos:

- Capacidad de filtración: m³/h y por unidad de filtro,
- frecuencia de limpieza,
- producción y composición de aguas de lavado,
- vida útil del filtro,
- costo de energía en bombeo, lavado etc.,
- riesgo de contaminación bacteriológico debido al filtro (necesidad de desinfección).

A raíz de este estudio, puede elaborarse una comparación de costos entre el sistema de filtración actual y el nuevo tipo de filtración, incluyendo los costos del tratamiento de las aguas de lavado.

Aunque todavía es pronto para decirlo, puede ser una opción prometedora para el futuro y, quizás, valdría la pena empezar a investigarla.

La siguiente posibilidad que se analizó fue la regeneración de perlitas y diatomeas para su reutilización en procesos de filtrado y se concluyó que no es viable actualmente. Para conseguir su regeneración, se debe separar el material filtrante del material retenido, implantar un sistema de concentración o tratamiento de este material, depurar y desinfectar el material filtrante y posiblemente clasificarlo antes de su reutilización. Tal sistema no se emplea actualmente porque resulta claramente no rentable. El costo que conlleva en relación con el relativamente bajo rendimiento lo hacen inviable.

Se acudió a la experiencia de otros fabricantes europeos y se comprobó que se está utilizando ampliamente el mismo sistema de filtración con perlitas y diatomeas que usa FREIXENET. El resto de empresas europeas también eliminan los lodos residuales evacuándolos a vertederos. Por las razones arriba aducidas, la regeneración de perlitas y diatomeas no se consideró viable y se descartó.

Otra alternativa que también se investigó fue la reutilización interna de las perlitas y diatomeas. Las perlitas son minúsculas partículas de minerales amorfos formados por silicatos de sodio, potasio y aluminio. Se elaboran a partir de rocas volcánicas. Por el contrario, las diatomeas se preparan a partir de los esqueletos de planta microscópicas que fueron depositadas en el fondo de los océanos y lagos entre 100.000 y 15.000.000 años atrás. Están formadas por sílice amorfo conteniendo una pequeña cantidad de material microcristalino. En Holanda se está utilizando el lodo obtenido en la filtración como aditivo en la deshidratación de fangos de depuración, para luego disponer de ellos en un vertedero. Esto facilita el proceso de deshidratación y contribuye en la reducción del volumen total de los lodos. Freixenet podría solicitar la realización de ensayos de este tipo.

Por último, se intentó la reutilización externa de las perlitas y diatomeas usadas. Se habló con fabricantes de alimentos de ganado para estudiar si estos lodos podrían ser interesantes para

ser agregados en pequeñas proporciones al alimento de ganado como aditivo alimentario. La respuesta fue negativa, ya que los lodos no parecen ser interesantes desde el punto de vista nutritivo. Como consecuencia se descartó esta última alternativa.

Evaluación medioambiental: La sustitución de las perlitas y diatomeas por filtros de fibra tiene una parte positiva y una parte negativa:

- Ventaja: empleando filtros de fibra se reduce el consumo de material filtrante de tipo mineral y se reduce la producción de residuos sólidos.
- Desventaja: por otro lado el filtro de fibra requiere de limpieza con agua, por lo que se genera un flujo altamente cargado que debe ser tratado antes de ser vertido.

La reutilización interna de los lodos de perlitas y diatomeas para desecar otros lodos tiene la ventaja que se obtiene una torta con menor grado de humedad y, por tanto, de menor peso. Pero esto no se puede catalogar como ventaja medioambiental.

Análisis de rentabilidad: Es demasiado pronto para realizar una evaluación económica de la sustitución de las perlitas y diatomeas por filtros de fibra. Primeramente se deberían realizar ensayos y asegurarse completamente de que ese sistema funcionará para el filtrado de vinos. Por tanto, se podría pensar en acometer un análisis de rentabilidad después de la ejecución del estudio piloto.

Respecto a la regeneración de perlitas y diatomeas ya se ha especificado que en las condiciones actuales no es rentable por el bajo costo de estas sustancias.

Por último, la utilización de perlitas y diatomeas agotadas como materia deshidratante de lodos de plantas de tratamiento se encuentra en una situación parecida a la primera alternativa: habría que realizar primero un ensayo piloto. Pero puesto que no se necesita invertir apenas dinero para implantar esta opción y se pueden conseguir algunos ahorros en el caso de que se estén pagando tasas por vertidos sólidos (o en prevención de futuras tasas), parece recomendable que Freixenet lleve a cabo alguno de estos estudios.

3.5.4. Sustitución del freon-22 por otro fluido refrigerante

Descripción de la opción: El freon-22 es uno de los llamados cloro-fluoro carbonados (CFC's) al que se le atribuye el efecto de la disminución de la capa de ozono. A nivel mundial se está reglamentando el uso de los CFC's, con el fin de terminar su producción en el actual decenio. Paralelamente se están buscando sustancias que puedan sustituir los CFC's en las diversas aplicaciones que tienen.

Los freones que se utilizan como compuestos frigorígenos pueden sustituirse por otras sustancias como el SO_2 y el NH_3 .

Puesto que Freixenet iba a instalar en un futuro próximo nuevas torres de refrigeración, con sus correspondientes equipos, se eligió esta opción para intentar encontrar alternativas al freon, en previsión de las restricciones de uso del mismo que pueden entrar en vigor en el futuro inmediato.

Evidentemente, no se trata de una opción práctica, sino más bien teórica. La idea fue recopilar información disponible acerca de los posibles sustitutos del freon-22 para que Freixenet tuviera más información al respecto.

Evaluación técnica: El freon-22 es un gas que tiene ciertas características que lo distinguen favorablemente de sustancias alternativas. El gas no es corrosivo y no es tóxico, en contraste con el SO_2 y el NH_3 , ambos con estas propiedades.

La sustitución de freon-22 por SO_2 o NH_3 por lo tanto debe acompañarse con importantes medidas de seguridad, especialmente en el caso de instalaciones como las de FREIXENET, donde se trata de una fábrica grande, con equipos caros y que, además fabrica un producto alimentario.

Actualmente se están investigando posibles sustitutos, pero, técnicamente, todavía no se ha resuelto el tema y se considera que, por ahora, el freon-22 es una de las mejores opciones en sistemas de refrigeración.

Evaluación medioambiental: El freon-22 es considerado como uno de los CFC's menos nocivos para la capa ozono. Los principales alternativas, el SO_2 y el NH_3 , son los principales causantes de la lluvia ácida y por ello deben evaluarse detenidamente los pros y contras antes de decidir ningún cambio de refrigerante. Se está estudiando a nivel de ensayo nuevos CFC's, como el R-134A y el R-123, pero todavía no se conocen los resultados de estos estudios.

Análisis de rentabilidad: Obviamente, no es posible realizar ninguna evaluación económica para esta opción.

Empresa: GALVANIZADOS TORRES
Sector: TRANSFORMACION DE METALES

Equipo de trabajo:

- **GALVANIZADOS TORRES:** J Torres
Sr. Vargas

- **HASKONING:** A. Baena
H. Berns
E. De Elío
J. L. González
A. Van Ewijk
T. Van Uiter

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Galvanizados Torres S.A. es una empresa dedicada al galvanizado en caliente de todo tipo de piezas de acero, generalmente piezas para la construcción, red eléctrica, obras públicas, etc.

Torres es una empresa con un tamaño medio en cuanto al volumen de facturación y estructura organizativa. La empresa cuenta con un gerente, que es a la vez el dueño de la misma, un jefe de producción y un jefe de administración. El resto de los empleados son capataces y mano de obra directa. Galvanizados Torres cuenta en total con 22 empleados. En general, la estructura organizativa es muy simple.

Existe un departamento de control de calidad y el resto de los departamentos –compras, ventas, administración, etc.– son gestionados por el Gerente con la colaboración de los jefes de administración y producción. La fábrica trabaja con dos turnos al día de 8 horas. Cada año y medio o dos años realiza una parada técnica para revisar las instalaciones.

Las piezas a galvanizar son cedidas en depósito a Torres mientras dura el proceso de galvanizado y, una vez finalizado éste, son devueltas a su dueño. La cantidad anual de piezas galvanizadas se cifra en torno a las 6.000 toneladas.

El proceso de galvanizado se realiza mediante la inmersión de las piezas en un baño de zinc fundido el tiempo suficiente para que se forme en la superficie de la misma una capa de recubrimiento de zinc de aproximadamente 100 micras de espesor. Antes de sumergir la pieza en el zinc fundido hay que preparar la superficie mediante la inmersión en un baño de decapado (limpieza de la superficie) y otro de fluxado (preparación de la superficie aumentando la adherencia del zinc a la misma).

Antes de pasar a describir el proceso de una forma más detallada es necesario comentar la especial situación en la que actualmente se encuentra Galvanizados Torres. Esta empresa está ubicada en una zona de la capital que antiguamente constituía una área industrial pero que, con el gran crecimiento que ha sufrido Madrid, se ha convertido en la actualidad en zona verde. Esta circunstancia limita enormemente las posibilidades de Torres en cuanto a cambios en sus instalaciones. Esto significa que Galvanizados Torres está trabajando con los elementos mínimos para realizar una galvanización en caliente y no puede realizar muchas de las mejoras que Torres desearía hacer. A causa del ello, este informe tiene un doble enfoque. Por un lado se considera la alternativa de mudarse a un nuevo emplazamiento y por el otro las posibles modificaciones que se pueden realizar permaneciendo en la actual ubicación.

4.2. DESCRIPCION DEL PROCESO

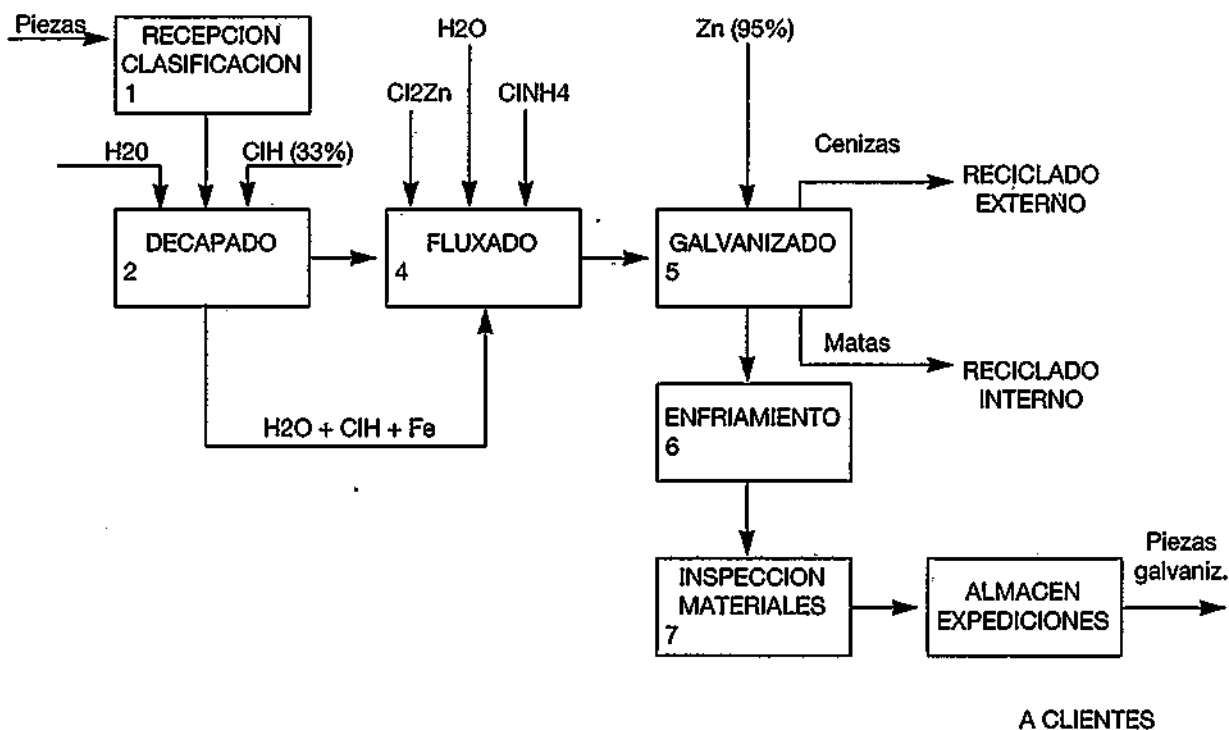
4.2.1. Recepción y clasificación de materiales

Las piezas son entregadas en depósito a Galvanizados Torres para su galvanizado en caliente con zinc. La diversidad de piezas a tratar es grande, pero principalmente se dedican al recubrimiento de farolas de alumbrado, estructuras para la construcción, obras públicas, etc.

En esta primera etapa se reciben los materiales, se inspeccionan visualmente para detectar posibles defectos que puedan dificultar el recubrimiento y se clasifican para su entrada en el proceso. Se trata de un proceso discontinuo, compuesto por una serie de baños en los cuales se van sumergiendo las piezas sucesivamente. El transporte entre baños se realiza con la ayuda de una grúas móviles que se desplazan mediante unos carriles instalados en el techo de la fábrica y son manejadas por un operario.

En la siguiente figura aparece el diagrama de flujo de Galvanizados Torres.

FIG. 1: DIAGRAMA DE PROCESOS DE GALVANIZADOS TORRES



4.2.2. Decapado

Las piezas son sumergidas en un baño de ácido clorhídrico con el fin de limpiar de suciedad la superficie de las mismas. La pieza ha de estar totalmente sumergida en este baño durante unos 20 minutos aproximadamente, pero el tiempo de inmersión es muy variable dependiendo del estado superficial de cada pieza.

Existen dos tanques de decapado, uno de gres de 12 x 1,2 x 1,2 m (17,3 m³) y el otro de hierro de 10 x 2 x 2 m (40 m³).

La preparación del baño se realiza mezclando una disolución de ácido clorhídrico (33%) con agua en proporciones iguales. El baño debe tener siempre un contenido en hierro menor a 100 gr/l.

4.2.3. Aclarado

Este baño no está en funcionamiento en la actualidad, pero tienen previsto ponerlo en funcionamiento en un futuro próximo (el tanque que a tal efecto existe es de 8x1,2x2 m, es decir, 19,2 m³). La idea es que una vez extraída la pieza del baño de decapado y dejada escurrir convenientemente, se introduce en este baño de aclarado, para evitar que la solución arrastrada del baño anterior (decapado) contamine el baño siguiente (fluxado). Este aclarado se realizaría con agua únicamente y no existe un tiempo determinado de inmersión.

4.2.4. Fluxado

La finalidad del baño de fluxado es evitar la oxidación superficial de las piezas y aumentar su adherencia superficial. Este baño de fluxado es una disolución de cloruro de zinc y de cloruro de amonio en agua. Galvanizados Torres compra la sales de zinc y de amonio por separado; en lugar de un compuesto de ambas sales. Lo hace de este modo por dos motivos: por un lado, las sales dobles son más caras y, por otra parte, añadiendo las dos sales por separado puede regular mejor el pH de la disolución. Al igual que en el aclarado, no existe tiempo prefijado de inmersión, sumergiéndose la pieza y sacándose rápidamente.

Existe un dispositivo de calentamiento indirecto del baño de fluxado con parte del calor residual del baño de galvanizado.

4.2.5. Galvanizado en caliente

El galvanizado en caliente se realiza mediante la inmersión de la pieza en un baño de zinc fundido (450°C) durante un tiempo no predeterminado y que viene dado por la experiencia del operario. Tampoco existe un tiempo definido de escurrido, efectuándose éste manteniendo la pieza suspendida sobre el baño de zinc.

Para preparar el baño se utilizan lingotes de zinc con el 95% de pureza (las impurezas más habituales están constituidas por aluminio). El tanque se calienta mediante unos quemadores de gas natural situados en un lateral del mismo. La regulación de la temperatura del baño del zinc, es manual. El baño está provisto de una caña pirométrica que automáticamente registra la temperatura del mismo, momento en el cual se procede manualmente a variar el aporte de calorías. Se dispone de dos tanques de galvanizado en caliente.

De este baño se obtienen dos tipos de residuos: por una parte las cenizas de zinc, que se localizan flotando en la superficie y que se componen de zinc y de óxidos de zinc. Por otra parte lo que se llama matas de zinc que se forman en el fondo del tanque y que es una mezcla de hierro y zinc. Las cenizas de zinc son vendidas a una empresa externa que las recicla separando el zinc metal de los óxidos, utilizando estos últimos para la obtención de sales inorgánicas de zinc. Las matas de zinc también son vendidas a la misma empresa que las recicla para la obtención de óxidos de zinc y lingotes de segunda fusión.

4.2.6. Enfriamiento

Una vez que las piezas han sido galvanizadas son sacadas del tanque de galvanizado y enfriadas. Este enfriamiento puede ser realizado de dos formas distintas: bien introduciendo la pieza en un tanque con agua fresca, bien dejándola enfriar al aire (para piezas muy grandes que no caben en el tanque de enfriamiento).

4.2.7. Inspección de materiales - Control de calidad

Como fase final del proceso, se realiza una inspección de los materiales galvanizados, con un control de calidad antes de que estos pasen al almacén de expediciones para su devolución al cliente.

4.2.8. Mantenimiento de los baños de decapado, aclarado y fluxado

Cuando el contenido en hierro del baño de decapado excede el límite de 100 gr/l, se produce un transvase del baño de decapado al baño de fluxado, añadiendo nueva disolución de ácido clorhídrico al baño de decapado.

Lo mismo se haría con el baño de aclarado, en el caso de que éste se encontrara en funcionamiento.

Todo el sistema de aguas de decapado, aclarado y fluxado permanece estanco, no realizándose ningún vertido al alcantarillado.

Cada año y medio o dos años, dependiendo de la producción de galvanizado, se realiza una parada técnica para mantenimiento de las instalaciones. Durante esta parada técnica se efectúa el vaciado de los dos tanques de decapado y del de fluxado. Los baños de cada uno de estos tanques, junto con los lodos depositados en el fondo, son retirados por una empresa dedicada al tratamiento de aguas contaminadas. La vida media de los tanques es, aproximadamente, de 14 ó 15 años.

Los tanques de galvanizado en caliente también son vaciados cada cierto tiempo para proceder a la limpieza de las paredes de los mismos. Generalmente la vida media de estos tanques está en torno a los 12 o 13 años.

4.3. MEDIDAS MEDIOAMBIENTALES ADOPTADAS CON ANTERIORIDAD AL PROYECTO

Galvanizados Torres ha centrado sus esfuerzos en los dos principales flujos de residuos que su proceso genera:

- Aguas ácidas: El agua de los tanques de decapado y fluxado ha de ser renovada en su totalidad cada cierto tiempo. Esto significa que el agua de los mismos ha de ser evacuada. Por supuesto no está permitido verter aguas de esas características al alcantarillado público, por lo que Galvanizados Torres resolvió el problema mediante un gestor externo de las mismas que se encarga de retirarlas de la fábrica cuando los tanques están agotados para tratarlas en sus instalaciones.
- Matas y cenizas de zinc: Como se ha explicado unas líneas más arriba, las matas y cenizas de zinc constituyen la escoria que se forma en el fondo y en la superficie del baño, respectivamente; y tienen la consideración de residuo para Galvanizados Torres. La cantidad anual de matas y cenizas generada es elevada. Torres resolvió el problema vendiendo dichas matas y cenizas a una empresa que las recicla para obtener zinc y óxidos y sales del mismo.

Así mismo, Torres ha efectuado mediciones acerca de los niveles de contaminación atmosférica dentro de su fábrica y ha comprobado que se encuentra dentro de los límites admisibles fijados por la reglamentación vigente de seguridad e higiene en el trabajo, por lo que Galvanizados Torres no ha adoptado ninguna medida específica en este aspecto.

4.4. SITUACION MEDIOAMBIENTAL ACTUAL DE LA EMPRESA

A pesar de que Galvanizados Torres ha adoptado medidas para resolver los problemas que sus principales flujos de residuos le

causaba, existen muchas posibilidades de mejora desde el punto de vista medioambiental. Sin embargo, a la hora de intentar mejorar la situación ambiental actual no hay que olvidar nunca las particularidades derivadas de la especial ubicación de la fábrica que impiden a Galvanizados Torres realizar la mayoría de las opciones de mejora que querría hacer.

Por ello, el informe de las opciones de minimización se ha enfocado en las dos direcciones siguientes:

- En primer lugar, se desarrollan una serie de opciones que proponen cambios moderados en las actuales instalaciones con el objetivo de una menor generación de residuos y emisiones; obteniendo, como contrapartida, un beneficio económico.
- La última opción plantea la posibilidad de construir una nueva fábrica en un emplazamiento nuevo, que sería quizás la opción más recomendable y es, posiblemente, la opción más atractiva para Torres. Sin embargo, ésta es una decisión que necesita ser estudiada minuciosamente antes de adoptarse y en la cual están involucrados muchos aspectos, aparte de los estrictamente técnicos y ambientales.

A pesar de que los niveles de emisión de gases de los tanques se encuentran dentro de los límites aceptados, existe una constante evaporación de los diferentes baños a la atmósfera. En este sentido hay que poner énfasis especial en el baño de galvanizado; ya que la evaporación de arrastres de baños que se produce en la superficie del mismo introduce en el ambiente elementos que aceleran la corrosión de la nave.

En general, se observa que Galvanizados Torres se encuentra funcionando con las instalaciones estrictamente necesarias para un galvanizado en caliente. Se echa en falta un primer baño previo al decapado, que sirva para limpiar la suciedad superficial de las piezas, si bien la ausencia del citado baño está, en cierta medida, justificada por la forma de contratación de los materiales que han de ser galvanizados en caliente:

- Materiales provistos de óxido de hierro.
- Materiales tratados mediante chorreo automático.

El baño de aclarado, que está instalado, se encuentra fuera de uso. Para el proceso en sí y para un ahorro de materias primas y una menor generación de aguas residuales sería conveniente que este baño funcionase.

En cuanto al proceso de galvanizado en caliente, llama la atención la gran cantidad de residuos que se obtienen en forma de mástas y cenizas de zinc. Un elevado porcentaje del zinc que se con-

sume se transforma en residuos y, aunque éstos se venden como subproductos, Galvanizados Torres podría intentar reducir esta proporción consiguiendo un mayor aprovechamiento de sus materias primas.

Por último, el orden, los procedimientos de trabajo y la limpieza pueden ser mejorados con inversiones pequeñas que redundarían en unos mejores métodos de operación, una mayor productividad y una menor generación de emisiones y residuos.

4.5. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LAS OPCIONES DE MINIMIZACIÓN

Una vez realizado el inventario global y analizados los datos recopilados durante el mismo, se encontraron las siguientes opciones de minimización de emisiones y residuos:

- 1. Instalación de un baño de limpieza superficial.*
- 2. Puesta en marcha del baño de aclarado.*
- 3. Instalación de una unidad de secado tras el fluxado.*
- 4. Mejora en los procedimientos de trabajo y en el orden y limpieza internos.*
- 5. Construcción de una nueva fábrica en otro emplazamiento.*

4.5.1. Instalación de un baño de limpieza superficial

Descripción de la opción: Galvanizados Torres cuenta actualmente con dos baños de decapado. Al parecer estos dos baños se utilizan para fines idénticos, conteniendo la misma disolución y funcionando en paralelo.

La idea en la que esta opción se fundamenta es en la utilización de uno de estos dos baños, el más pequeño, como tratamiento previo de la superficie de la pieza, en el cual se efectuaría una primera limpieza superficial de las piezas. El segundo baño sería el de decapado propiamente dicho y encontraría una superficie limpia de impurezas.

De esta manera, se preservaría durante más tiempo el baño de decapado, ya que se evitaría su contaminación con suciedad superficial, se ahorrarían materias primas y se mejoraría la preparación de las piezas antes de ser galvanizadas, redundando en una mejor calidad del producto final.

Evaluación técnica: Con la disposición actual, los dos baños de decapado se elaboran mezclando clorhídrico al 33% y

agua en partes iguales. El clorhídrico ataca la superficie de las piezas de acero, con el objeto de que no existan impurezas que dificulten el posterior galvanizado en caliente. El baño se va degradando poco a poco, con la suciedad y el hierro que se desprende de las piezas; y cuando el contenido en hierro del baño supera los 100 gr/litro se realiza un transvase a la cuba de fluxado, añadiendo nuevo ácido clorhídrico al 33% a los tanques de decapado.

Con el nuevo sistema, se tendría un primer tanque de pre-decapado con una concentración menor de ácido clorhídrico, cuya misión sería eliminar la suciedad superficial de las piezas. En el segundo tanque se produciría el decapado y tendría una concentración de clorhídrico del 16,5% (la misma que tienen ahora los tanques de decapado).

De esta manera se evita que el tanque de decapado se contamine rápidamente con las impurezas que traen las piezas, aumentando el tiempo durante el cual se puede utilizar la solución de dicho tanque.

La introducción del tanque previo de limpieza superficial, llevaría aparejado una modificación en los transvases entre cubas. Si se implanta esta opción, cuando sea necesario realizar transvases porque alguno de los baños supera los límites establecidos de contaminación, se debe transvasar del primer tanque de limpieza superficial al tanque de fluxado y el mismo volumen del tanque de decapado al tanque limpieza superficial, añadiendo nuevo clorhídrico al 33% en el tanque de decapado. De esta manera se consigue además que el pH del tanque de fluxado no aumente en exceso y ello redundaría en un ahorro de sales de zinc y de amonio.

Evaluación medioambiental: La utilización de uno de los baños de decapado como baño de limpieza superficial, unido al nuevo sistema de transvases, significaría un ahorro en la cantidad de ácido clorhídrico a utilizar y también en la cantidad de sales de zinc y de amonio, lo cual es positivo desde el punto de vista medioambiental. Por otra parte, al disminuir la contaminación del baño de decapado, que es más exigente en cuanto a especificaciones que lo sería el de limpieza superficial es de prever que las soluciones, en general, de los baños duren más en buen estado y se pueda alargar algo la duración de los mismos.

Además, supondría una mejora en el proceso productivo, ya que la limpieza de la superficie a tratar se efectuaría de una manera más eficiente y el baño de fluxado se contaminaría mucho menos con el nuevo sistema de transvase.

Análisis de rentabilidad: No es preciso realizar un análisis de rentabilidad de la opción en profundidad, ya que los gastos de inversión son muy pequeños. El tanque para efectuar la limpieza superficial ya existe. Únicamente habría que evaluar los costes de

realizar las modificaciones adecuadas en calderería para alterar el sistema de transvases actualmente vigente.

Los ahorros en materias primas (ácido clorhídrico y sales de amonio y zinc) son difíciles de anticipar, pero serían, en general pequeños.

Lo más interesante de esta opción no es el punto de vista económico, sino el hecho de que se puede mejorar el proceso productivo preparando de una manera más adecuada la superficie de las piezas previamente a la galvanización en caliente. De esta manera, si la superficie de la pieza está mejor preparada también será mejor la calidad final del producto. Y todo ello se podría conseguir recuperando la pequeña inversión realizada en poco tiempo.

4.5.2. Puesta en marcha del baño de aclarado

Descripción de la opción: Actualmente Galvanizados Torres dispone de un baño de aclarado entre el decapado y el fluxado que está fuera de servicio. El proceso de galvanizado en caliente puede realizarse sin la ayuda de este baño, tal y como Torres lo viene efectuando, pero es una pena que disponiendo de la instalación no se haga uso de ella, ya que este baño de aclarado entre decapado y fluxado es importante.

En realidad, se podría instalar otro baño de aclarado entre el baño de limpieza superficial (opción 5.1.) y el decapado, pero esto ya es más difícil por motivos de espacio y de inversión necesaria para ello.

Evaluación Técnica: Técnicamente es perfectamente posible el incluir un aclarado entre decapado y fluxado porque el baño está instalado. Con la inclusión de este aclarado se evitaría en gran medida la contaminación con ácido clorhídrico del baño de fluxado, ya que el arrastre del baño de decapado se quedaría en el tanque de aclarado y no pasaría al de fluxado.

Aún es más, cuando el tanque de aclarado entre en funcionamiento, los transvases deberían efectuarse del de mayor concentración de clorhídrico al de menor concentración, terminando en el de fluxado.

Es decir, que por una parte se evita contaminación del baño de fluxado por arrastres y, por otra, por transvases entre tanques. El pH del tanque de fluxado se mantendrá más estable y esto conllevará también un ahorro en sales.

Por otra parte, el proceso, desde el punto de vista productivo también mejorará; ya que la superficie del metal estará más limpia de CIH y las sales se adherirán mejor a la superficie de la pieza, lo que facilitará la formación posterior de la capa de zinc y, con ello, la calidad del galvanizado.

Evaluación medioambiental: El establecimiento de una sistemática de trabajo más racional, que permita una menor contaminación mutua de los baños redundará en una mayor duración de los mismos, lo cual es bueno desde el punto de vista de Galvanizados Torres y desde el punto de vista ambiental.

Además, como ya hemos señalado anteriormente, se producirá un ahorro de productos químicos y aditivos a los baños, lo que también significa una mejora para el medio ambiente.

Análisis de rentabilidad: Una vez más nos encontramos ante una opción que supone una pequeña inversión, ya que el baño ya existe, y puede generar ahorros, también pequeños, pero suficientes como para compensar del desembolso inicial.

Esta pequeña inversión depende de las obras que se necesite realizar para adecuar y poner operativo el tanque de aclarado. El primer paso a dar para su implantación sería la realización por parte de Galvanizados Torres de una evaluación del coste de dichas obras.

Los ahorros en productos químicos no serían demasiado grandes, ya que, en general, son baratos. Sin embargo, el alargar la duración de los baños sí resultaría más interesante desde el punto de vista económico. El coste aproximado para Galvanizados Torres del vaciado y evacuación de las aguas ácidas de los tanques (realizado por un gestor de residuos externo, cada año y medio aproximadamente) es de un millón de pts. Si mediante el baño de limpieza superficial y el de aclarado se consigue alargar la vida de los baños medio año y pasar el intervalo de vaciado de un año y medio a dos años, el ahorro conseguido será importante.

4.5.3. Instalación de una unidad de secado tras el fluxado

Descripción de la opción: Tal y como se ha descrito, en el proceso de fabricación de Galvanizados Torres, tras el fluxado y después de haber dejado que la pieza escurra el tiempo adecuado, ésta se sumerge directamente en el zinc fundido.

Esto tiene dos efectos negativos:

- El hecho de que la superficie de la pieza esté húmeda, lo que provoca burbujeo y salpicaduras en la superficie del baño de zinc, facilita la oxidación del zinc y repercute por tanto de una manera negativa en la formación de una mayor cantidad de cenizas.
- El agua que arrastra la pieza en su superficie se evapora llevando consigo impurezas que facilitan la corrosión del edificio.

Estos inconvenientes se pueden solventar en gran medida instalando un horno de secado de piezas entre el fluxado y el galvanizado en caliente. A continuación se realiza la evaluación técnica, medioambiental y económica de la instalación del citado horno.

Evaluación técnica: El horno en cuestión consistiría en una cámara donde se introduciría una corriente de aire caliente (aproximadamente a unos 140°C), de tal manera que se produjese el secado completo del exterior de la pieza y se aumentase la temperatura de la misma hasta los 80°C, disminuyendo con ello, en alguna medida, el choque térmico posterior al introducirla en el baño de zinc.

Para ello bastaría con que la pieza permaneciese en el interior de la cámara entre 10 y 20 minutos, dependiendo en gran medida del espesor y superficie de la misma.

Las ventajas técnicas que se derivarían de esta opción ya se han comentado:

- Reducción de salpicaduras y burbujeo superficial.
- Disminución del nivel de emisiones que se originan en la evaporación de aguas de arrastre con impurezas producida en la superficie del baño de galvanizado al introducir la pieza húmeda.
- Minimización en la generación de cenizas.

Un problema técnico importante que tiene Galvanizados Torres es la no disponibilidad del espacio adecuado para instalar el horno de secado en su fábrica.

Evaluación medioambiental: Desde el punto de vista del medio ambiente, el horno tendría dos efectos positivos: disminución de las emisiones de arrastres sobre el baño de zinc y reducción en la generación de cenizas.

Análisis de rentabilidad: El precio de un horno de secado adecuado para el proceso que se sigue en Galvanizados Torres, se encuentra en el entorno de los 9.000.000 de pts. Los costes de instalación del mismo estarían alrededor de los 3.000.000 de pts, por lo que la inversión total ascendería, aproximadamente, a 12.000.000 de pts.

Los ahorros brutos anuales se basarían en la reducción de cenizas que se podría lograr. Las estimaciones actuales consideran que el consumo de zinc se puede reducir entre un 10 y un 20% por la menor generación de cenizas. Escogiendo el valor intermedio de esta banda para el caso particular de Torres, es decir, un 15% de reducción; se obtiene un ahorro anual de zinc de unas 20 Tm, o, traducido a pesetas, 2.800.000 pts.

Por supuesto de esta cantidad, se tendrían que descontar los siguientes conceptos:

- Ingresos que se obtienen por las cenizas de zinc. Galvanizados Torres considera que el precio que obtienen por las cenizas forma parte del secreto profesional, por lo que no se ha podido cuantificar este concepto.
- Costes de la energía necesaria para calentar el horno de secado.
- Costes de mantenimiento de la nueva instalación.

En la situación en que se encuentra esta opción, no es posible realizar un análisis de rentabilidad completo de la misma, pero el principal problema de Galvanizados Torres está en el hecho de que no tienen espacio para el horno y no pueden hacer modificaciones en la fábrica.

4.5.4. Mejora en los procedimientos de trabajo y en el orden y limpieza internos

Descripción de la opción: Debido a que, como se ha dicho, Galvanizados Torres está ubicada en una zona que ha cambiado de calificación urbanística, el Ayuntamiento no autoriza la realización de mejoras ni de obras de mantenimiento, por lo que la empresa están trabajando con los elementos estrictamente necesarios para realizar una galvanización en caliente.

En consecuencia, existen varias posibilidades para mejorar el sistema productivo, la mayoría de las cuales no se llevan a efecto por no contar con la correspondiente autorización.

No obstante lo anterior, se enumeran las posibilidades de mejora más atractivas que se han encontrado, que son las siguientes:

- a) *Calentamiento de los baños de decapado y fluxado.*
- b) *Optimización de los sistemas de recogida de matas.*
- c) *Instalación de un sistema de ventilación y evacuación de emisiones sobre el baño de galvanizado.*
- d) *Instalación de bandejas entre los baños.*
- e) *Optimización del uso del agua.*
- f) *Aumento del orden y de la limpieza internos, para evitar la contaminación de materiales y de baños.*

A continuación se procede a realizar una evaluación técnica, medioambiental y económica de cada una de estas alternativas.

Evaluación técnica: Esta opción está dividida en una serie de alternativas o medidas que pueden ser implantadas separadamente, por lo que se hará una evaluación técnica independiente para cada una de las alternativas definidas en el punto anterior.

a) Calentamiento de los baños de decapado y fluxado:

En muchas empresas europeas del sector se mantienen los baños de limpieza superficial, decapado y fluxado a una temperatura que oscila entre los 35°C y los 40°C. El calentamiento de estos baños supone una mejora del proceso de fabricación y un ahorro de sustancias químicas y zinc debido a la reducción del arrastre de baños. Esto se produce gracias a que un incremento en la temperatura del baño disminuye la viscosidad de la solución y la tensión superficial, con lo que las piezas se escurren más eficientemente y el arrastre de baños disminuye en gran medida. Quizás, para las temperaturas de Madrid este calentamiento no sea tan necesario. No obstante, en principio, es una opción a tener en cuenta.

La empresa no utiliza actualmente baños de limpieza superficial, pero de implantarse esta opción (descrita en 5.1.) también se calentarían estos baños.

b) Optimización de los sistemas de recogida de cenizas y matas:

En la cuba de galvanizado se obtienen principalmente dos tipos de residuos. Por una parte están las cenizas de zinc, que se encuentran flotando en la superficie y, por otra parte en el fondo del tanque, se forman las matas. Las cenizas se retiran actualmente del tanque de galvanizado manualmente, mediante la ayuda de unas palas con las que el operario primero amontona todas las cenizas en un extremo del tanque y, posteriormente, las retira del mismo. En otras empresas europeas que se han consultado, también se practica una retirada manual de las cenizas de zinc.

Pero es en la retirada de las matas donde se puede mejorar el sistema. Actualmente las matas se sacan del baño de zinc mediante una especie de pala excavadora que recorre el fondo del tanque recogiendo las matas. Esta pala se extrae del tanque y, entonces, los operarios, mediante la ayuda de palas de cavar zanjas, hacen pequeños montones en el suelo de matas que se dejan enfriar para, posteriormente, ser almacenadas en contenedores que son retirados del emplazamiento.

La opción que se propone, utilizada con éxito en otras empresas, consiste en mantener un lecho de plomo fundido de unos 8 cm. de espesor en el fondo del tanque de galvanizado.

Este lecho protege el fondo del tanque y disminuye la generación de matas de zinc. La extracción se hace con una pala que recoge las matas y las vierte en unos moldes. Con esto se consigue una mayor eficacia y limpieza en la retirada de matas y una mayor generación de las mismas.

c) Instalación de un sistema de ventilación y evacuación de emisiones sobre el baño de galvanizado:

Esta opción consiste en la instalación de un sistema de extracción y remoción de zinc de los gases emanados de la cuba de galvanizado. Estos sistemas se encuentran plenamente desarrollados y están disponibles en el mercado. Una ventaja técnica que se derivaría de la instalación del sistema de aspiración y filtrado de gases es que se reduciría la corrosión de la planta y se reduciría, asimismo, las salpicaduras en la superficie.

d) Instalación de bandejas entre los baños:

La colocación de bandejas entre los baños permiten la recogida de las gotas que se desprenden de las piezas al transportarlas de un baño a otro. Además, dando a las bandejas la inclinación adecuada se hace que el arrastre recogido vuelva al baño de procedencia. Por muy bien que se realice el escurrido de las piezas siempre quedará solución del baño anterior arrastrada que goteará al trasladar la pieza de un baño al siguiente. Para soluciones ácidas se pueden utilizar bandejas de cloruro de vinilo, polipropileno, polietileno o acero recubierto de teflón. Con estas bandejas se evita la contaminación de los suelos de la fábrica.

e) Optimización del uso del agua:

En Galvanizados Torres –exceptuando el tanque de enfriamiento, que se rellena periódicamente conforme se va evaporando– no existen aportes ni vertidos de agua nada más que cuando se realiza una parada técnica y se evacuan las aguas ácidas (por una empresa externa), renovando totalmente el contenido de los mismos. Entre paradas técnicas, todo el sistema de cubas funciona estancamente con transvases entre las mismas pero sin vertidos al exterior.

Existe una diferencia importante entre el consumo real de agua de Galvanizados Torres y el que una fábrica de su

tamaño y características suele tener, de acuerdo a los valores estándar. El ahorro de agua que se puede conseguir es pequeño, pero convendría, de todas formas, que Galvanizados Torres analizara por qué existe esa diferencia. Después de todo, el agua es un bien escaso en España.

f) Aumento del orden y de la limpieza internos, para evitar la contaminación de materiales y de baños:

En Galvanizados Torres se puede mejorar el orden interno y la limpieza general de las instalaciones. La suciedad y arrastres de baños precedentes contaminan y reducen la efectividad y la vida de los baños, aumentando la necesidad de añadir nuevos compuestos químicos. Estas impurezas que contaminan los baños pueden venir por distintas vías, pero las más usuales son las perchas, suciedad superficial de las piezas, el aire y los arrastres de baños anteriores. La corrosión y sales formadas en la superficie de las perchas y piezas (si éstas son almacenadas en malas condiciones o más tiempo del necesario) contaminarán los baños. Un mantenimiento adecuado de las perchas minimizará este tipo de contaminación.

La velocidad de extracción y el tiempo de escurrido de las piezas son dos parámetros muy importantes a la hora de reducir el arrastre de baños. Ambos dependen del tamaño y la forma de cada pieza y pueden ser precisados únicamente mediante la experiencia del operario. Este punto tiene el inconveniente de que si todo se basa en la experiencia del operario puede surgir un problema cuando dicho operario deja la empresa; pero en una fábrica como la de Galvanizados Torres, donde se galvanizan una gran variedad de piezas muy diferentes, no parece posible el normalizar o automatizar estos procesos.

Lo mismo ocurre con la posición que la pieza debe tener en la percha, existen algunos aspectos que pueden facilitar el escurrido de la misma: la mayor superficie debe estar tan vertical como sea posible, la mayor dimensión de la pieza a galvanizar debe estar colocada horizontalmente, es conveniente dar una cierta inclinación lateral a la pieza durante el escurrido de manera que gotee por una esquina en lugar de por un borde completo, etc.

También sería conveniente dotar a los tanques de agitadores. En general, una agitación mecánica o con aire de los baños aumentan la eficiencia de los mismos.

Evaluación medioambiental: También en este apartado, se relatarán las implicaciones medioambientales que cada una de

las medidas citadas en el punto anterior pueden producir siguiendo el orden que se ha establecido:

a) Calentamiento de los baños de decapado y fluxado:

La principal ventaja de esta medida, desde el punto de vista ambiental, estriba en que se puede reducir de manera significativa el volumen de arrastre, con lo cual los baños se contaminarán en una menor medida, durarán más y será necesario añadir menos sustancias químicas.

Pero también tiene dos aspectos negativos. Uno es que necesitará, por supuesto un mayor consumo de energía y el otro es que se aumentará la evaporación de los baños.

b) Optimización de los sistemas de recogida de matas:

Con el actual sistema de recogida de matas se está produciendo una contaminación del suelo de la factoría que puede ser evitada modificando dicho sistema.

c) Instalación de un sistema de ventilación y evacuación de emisiones sobre el baño de galvanizado:

La mejora ambiental que se consigue con este sistema es la remoción del zinc contenido en los gases emitidos por el tanque de galvanizado. Esto supone una mejora en las condiciones de trabajo de los operarios, una disminución de zinc en los alrededores de la fábrica que impide que dicho zinc facilite la corrosión del edificio.

d) Instalación de bandejas entre los baños:

Gracias a la colocación de estas bandejas, se recupera parte de la solución que es arrastrada por la pieza en la extracción y transporte de la misma a otro baño y, sobre todo, se impide la contaminación del suelo.

e) Optimización del uso del agua:

Con el estudio que se propone de los usos reales de agua, se pretende descubrir si realmente el consumo de agua tan elevado en relación con los estándares teóricos está justificado o no. Tiene dos puntos positivos: uno es que puede conducir a un menor consumo de agua y el segundo, más importante, es que se pueden descubrir pérdidas o escapes que en el caso de fábricas de este tipo siempre son deseables de evitar por el hecho de utilizarse sustancias contaminantes.

f) Aumento del orden y de la limpieza internos, para evitar la contaminación de materiales y de baños:

Con los métodos descritos dentro de este punto en el apartado anterior se puede conseguir una menor contaminación de los baños, lo que conlleva una mayor duración de los mismos y una menor generación, por tanto, de aguas ácidas residuales. Por otra parte, todas las posibles mejoras descritas conducen, por la misma causa, a un menor consumo de sustancias químicas y aditivos; efecto siempre deseable desde la óptica medioambiental.

Análisis de rentabilidad: La evaluación económica de las medidas consideradas dentro de esta cuarta opción se contempla a continuación:

a) Calentamiento de los baños de decapado y fluxado:

La inversión necesaria para instalar un sistema de calentamiento para estos baños, incluyendo también en el presupuesto uno de limpieza superficial, se cifra en torno a los 7.200.000 pts. Los ahorros anuales vendrían generados a través de una menor generación de aguas residuales ácidas y un menor consumo de sustancias químicas y zinc. A estos ahorros habría que descontarles el coste de mantenimiento de la nueva instalación -pequeño- y el consumo de gas para el calentamiento de los tanques. Sin entrar en mayor detalle, considerando los números totales, se deduce que en el caso de Galvanizados Torres supondría un período de retorno elevado. Esta opción es buena para ser considerada en la instalación de una nueva fábrica de galvanizado.

b) Optimización de los sistemas de recogida de matas:

Esta debe ser considerada, aparte de que siempre supone un riesgo para los operarios recoger las matas de zinc como lo están haciendo en la actualidad, porque la contaminación de suelos puede suponer un grave problema, a la larga, para la empresa. A la hora de comprar un terreno donde ha estado ubicada una fábrica potencialmente contaminante; es cada día más habitual el realizar una prospección sobre la contaminación de suelos. Si dicha contaminación existe y es contrastada es posible encontrar problemas para vender un terreno. Es, por ello, un aspecto a tener muy en cuenta.

c) Instalación de un sistema de ventilación y evacuación de emisiones sobre el baño de galvanizado:

El desembolso necesario para instalar un sistema de ventilación y remoción de zinc de los gases emitidos

por el tanque de galvanizado es de aproximadamente 10.000.000 de pts. Esta opción no resulta rentable en la actual situación de Galvanizados Torres, pero en el caso de plantearse el cierre de esta fábrica y la implantación de una nueva, totalmente moderna, en otro emplazamiento; esta alternativa debe ser considerada e implantada.

d) Instalación de bandejas entre los baños:

Nos encontramos ante una alternativa que supone una pequeña inversión dando como contrapartida una ligera disminución de la pérdida de baños por arrastres y que evita la contaminación de suelos; tema cuya importancia ya ha sido comentada anteriormente.

e) Optimización del uso del agua:

Esta opción no necesita prácticamente ninguna inversión. Se trata de estudiar en qué se está empleando el agua y descubrir dónde se está utilizando de más. En el caso de que realmente sea posible ahorrar un volumen grande de agua, el ahorro que se tendría es pequeño; menos de 80.000 pts/año. Sin embargo es importante realizar ese análisis por si existieran fugas que pudiesen derivar en problemas más graves.

f) Aumento del orden y de la limpieza internos, para evitar la contaminación de materiales y de baños:

Excepto la instalación de agitadores dentro de los baños, el resto de las medidas propuestas en este punto son de procedimiento, orden interno, buenos métodos y limpieza. No suponen ninguna inversión y generan ahorros en sustancias químicas, zinc y una mayor duración de los baños. Por ello se tratan de medidas que merecen ser consideradas y, en la medida de lo posible, adoptadas.

4.5.5. Construcción de una nueva fábrica en otro emplazamiento

Descripción de la opción: Todas las opciones que se han considerado anteriormente son opciones para mejorar el actual proceso productivo de Galvanizados Torres invirtiendo, en la mayoría de los casos, cantidades moderadas de dinero y efectuando cambios no demasiado drásticos. Todo ello ha sido realizado así pensando en la especial situación en la que se encuentra Galvanizados Torres.

Pero, indudablemente, la mejor solución pasa por cerrar la fábrica actual y abrir otra nueva en un nuevo emplazamiento. La factoría a la cual se aplicó el Manual MEDIA está totalmente anticuada, con las instalaciones, en general, bastante lejos de reunir

unas buenas condiciones y con una problemática ajena al proceso que hacen prácticamente inviable acometer una modernización de esta fábrica.

La nueva planta sería muy diferente a la actual, contaría con tecnología, medios y procedimientos nuevos y podría estar preparada para afrontar los retos del mercado, el entorno económico-social y la legislación vigente y futura.

Evaluación técnica: La evaluación técnica de esta opción consistirá únicamente en reseñar las etapas básicas que el proceso productivo de la nueva instalación debería tener como mínimo:

- Almacén de recepción de materiales: una nave en condiciones para que los materiales puedan ser almacenados sin que se ensucien u oxiden antes de su paso al proceso.
- Limpieza superficial: preferentemente, en una solución alcalina. La temperatura del baño debería ser mantenida a unos 35°C o 40°C.
- Aclarado.
- Decapado: en solución ácida; similar a la que utiliza Galvanizados Torres en la actualidad. La temperatura del baño debería mantenerse entre 35°C y 40°C. En algunas industrias europeas se utilizan aminas terciarias para controlar la capa de material que se arranca.
- Aclarado.
- Fluxado: Realizado en un baño conteniendo una solución de las características de la que utiliza actualmente Galvanizados Torres, pero a una temperatura superior, unos 35°C o 40°C.
- Secado: en un horno a unos 140°C, tal y como se ha descrito en la opción 3.
- Galvanizado en caliente: realizado en unos tanques nuevos, bien aislados y dotados de mejores sistemas de remoción de matas. El horno necesario para mantener el zinc fundido debería usar como combustible gas natural y sería, muy probablemente, rentable instalar una unidad de cogeneración; de manera que aparte del calor necesario para las cubas de galvanizado se genere electricidad para la fábrica e, incluso, electricidad extra para suministrar a la red. Asimismo, este tanque de galvanizado debería ir provisto de un sistema de ventilación y remoción de zinc.
- Enfriamiento.

- Almacén de expediciones: Con espacio suficiente para que las piezas terminadas puedan ser almacenadas ordenadamente.

Análisis de rentabilidad: La inversión necesaria para la construcción de una nueva fábrica variará dependiendo del coste de terreno dónde decida instalarse y del tamaño de la fábrica que se construya; pero se puede estimar que -para una fábrica con una producción anual parecida a la que actualmente tiene Galvanizados Torres, es decir, unas 6.000 Tm/año de piezas a galvanizar- la inversión estaría en el entorno de los 400 millones de pts.

La facturación anual de una empresa del tamaño de Galvanizados Torres se cifra alrededor de los 250 millones de pts, por lo que se puede esperar un período de retorno que se encontraría entre los 10 y los 20 años -con una mayor probabilidad de encontrarse en la banda entre los 12 y los 17 años-, dependiendo de la coyuntura económica y de mercado del sector del tratamiento de metales en los próximos 20 años.



Empresa: PORSAN (Fca. de Chiva)

Sector: MATERIALES DE CONSTRUCCION



Equipo de trabajo:

- PORSAN: F Torres

- HASKONING: A. Baena
H. Berns
B. Van Drooge
E. De Elfo
A. Van Ewijk
T. Van Uitert

5.1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Porsan es una empresa dedicada a la fabricación y venta de porcelana sanitaria para la construcción (lavabos, baños, inodoros, etc.) que pertenece al grupo Uralita. Porsan cuenta con dos fábricas, una situada en la localidad de Chiva y la otra en Manises (ambas en la provincia de Valencia). La experiencia piloto del Manual MEDIA únicamente se aplicó a la fábrica de Chiva.

La fábrica de Chiva comenzó a funcionar como un negocio familiar en 1969, pero es en 1975 cuando, tras la compra de la misma por el grupo Uralita, ésta es renovada y adquiere su actual estructura.

En Chiva trabajan 200 empleados, de los cuales 5 son directivos y el resto mandos intermedios, personal administrativo y operarios.

Una gran parte de la producción de Chiva se dedica a la exportación. En su proceso de fabricación existen diversos grados de automatización dependiendo de la línea de fabricación de que se trate. Ello depende mucho de las características propias del artículo que se vaya a fabricar. Así mientras el proceso de colaje y desmoldeo de la cadena de inodoros está prácticamente automatizada totalmente, en el colaje y desmoldeo de lavabos se sigue un método mucho más artesanal.

En cuanto a la organización humana, la fábrica de Chiva depende en su totalidad de la dirección técnica de Porsan, que a su vez rinde cuentas a la gerencia de la empresa.

En la fábrica de Chiva se realiza el proceso completo de fabricación. Se prepara la mezcla de barro a partir de las materias primas, se cuele en moldes el barro, se desmoldea, se seca, se le da una capa de esmalte y se cuece la pieza para, una vez pasado el control de calidad final, ser embaladas y expedidas a los clientes.

En el siguiente apartado se hace una descripción general del proceso de fabricación.

5.2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION

El proceso consta de las siguientes etapas:

1. Preparación de la barbotina (barro).
2. Colaje.
3. Secado.
4. Esmaltado.
5. Cocción, clasificación y embalaje.

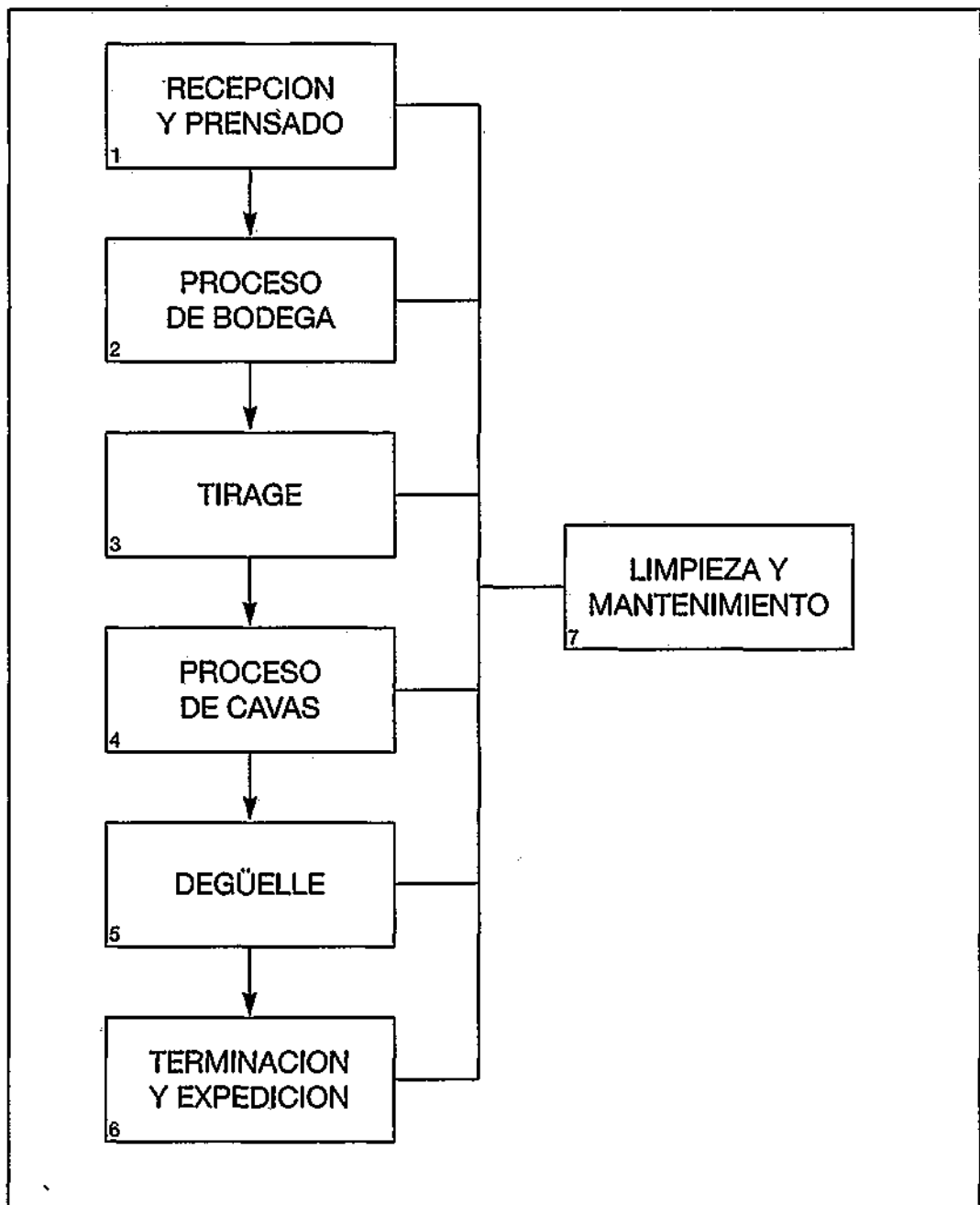
Además, la fábrica de Chiva cuenta con las siguientes actividades auxiliares al proceso en sí:

- 6. Preparación del esmalte.
- 7. Fabricación de moldes.
- 8. Depuración de aguas residuales.

A continuación se explica en qué consiste cada una de las citadas etapas.

En la siguiente figura aparece el diagrama general del proceso de PORSAN.

FIGURA N° 1: DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO DE FREIXENET



5.2.1. Preparación de la barbotina

Las materias primas son recepcionadas, clasificadas y almacenadas en silos abiertos. Para la fabricación de la barbotina se utilizan los siguientes materiales:

- Arcilla
- Feldespatos
- Cuarzos
- Caolines
- Cola

Estas materias primas son mezcladas en unas determinadas proporciones con agua para la obtención del barro o barbotina. También se añade formol con el objetivo de evitar la putrefacción del barro.

Una vez que la barbotina está hecha, y en su camino a los depósitos de maduración, es tamizada mediante una tela vibrante y ferofiltrada con un imán a fin de eliminar las impurezas, especialmente las de hierro que son muy perjudiciales durante la cocción del barro.

La barbotina es almacenada en un depósito donde se mezcla con las barbotinas realizadas días anteriores y donde se produce lo que se denomina maduración de la barbotina y que consiste en la estabilización de la mezcla. El período de maduración es aproximadamente de un día. Existe una agitación constante en este depósito para evitar que la barbotina se endurezca.

5.2.2. Colaje

Una vez que la barbotina ha madurado, se bombea a la zona de colaje, donde es depositada en un molde de escayola.

Después, hay que dejar reposar la barbotina en el molde de escayola el tiempo suficiente para que se forme una capa de 8 mm de espesor. Esta capa se forma al absorber la escayola el agua de la barbotina próxima a su superficie. El tiempo que hay que dejar reposar la barbotina dentro del molde para que se forme la capa de 8 mm depende del tipo de cadena de colaje de que se trate. En la cadena de colaje automática de inodoros el tiempo de reposo oscila entre una hora y media y hora y cuarenta minutos. En las cadenas manuales se dejan reposar durante 12 horas, mientras que en la línea de media presión el tiempo es aproximadamente de una hora y cuarto.

Una vez que se ha formado la capa de 8 mm se aspira primeramente la barbotina del molde y posteriormente se vacía el resto que queda. La barbotina sobrante es devuelta a los depósitos de maduración para ser reutilizada.

Por último, la pieza es desmoldeada y se procede al repaso manual de posibles defectos que pueda tener. El molde es limpiado

interiormente y pasa a un túnel de secado donde se prepara para recibir una nueva colada de barbotina.

5.2.3. Secado

En la primera fase del secado, las piezas pasan a través de un túnel de secado con una temperatura interior entre 50°C y 60°C y una humedad ambiente prefijada para facilitar el secado.

A la salida del túnel de secado, se instalan las piezas en una cinta transportadora que las hace circular por la nave durante 3 días (la temperatura interior de la nave oscila entre 35°C en invierno y 45-50°C en verano). Las mermas por roturas que se producen en la etapa de secado, y en general todas aquellas producidas antes de la cocción son recicladas internamente para producir más barbotina.

5.2.4. Esmaltado

Existen dos tipos de esmaltado, ambos dados a pistola:

- Esmaltado manual: dos manos son dadas por dos operarios distintos. El barniz sobrante se recoge mediante un fondo de cortina de agua.
- Esmaltado automático: el procedimiento es idéntico al esmaltado manual, pero utilizando un robot en lugar de un operario para dar el esmalte.

El agua de las cabinas recircula y una vez que está saturada, se envía a la depuradora.

5.2.5 Cocción

Lo primero que se hace es "ahornar" las piezas, es decir, colocarlas en unos vagones especiales para su recorrido por el horno de cocción. Se utilizan para ello una serie de accesorios -calzos, tacos, material fundente (poliestireno) y pintura de alúmina.

Una vez que la pieza está preparada para su recorrido, es introducida sobre la vagoneta en el horno de cocción. La temperatura interior del horno oscila en torno a los 1.270°C y es mantenida mediante unos quemadores de gas natural. Los gases de combustión producidos en el interior del horno son evacuados a la atmósfera (aprox. 360°C) sin tratamiento. Por otra parte, por las paredes exteriores del horno existen unas cámaras de refrigeración de aire en circulación. Este aire caliente (aprox. 180°C) se utiliza para calentar la atmósfera de la nave de secado.

A la salida del horno, las piezas son inspeccionadas y clasificadas según la calidad de las mismas. Aquellas piezas que son dese-

chadas se almacenan en el exterior de la fábrica para su posterior venta a otra empresa.

Se realizan una serie de pruebas de funcionalidad de las piezas sobre una muestra escogida de la producción. Estas pruebas de funcionalidad consisten en la comprobación de las dimensiones de las piezas, existencia de defectos de acabado, correcta evacuación de aguas (que no se produzcan balsas en el interior de las piezas), etc.

Tras ello las piezas, convenientemente embaladas, se envían al almacén de expediciones. Este almacén de expediciones consta de varias naves –sólo una de ellas con estanterías– que son insuficientes para el stock de producto terminado que corrientemente tiene Porsan, por lo que gran cantidad de pallets con piezas deben ser almacenados en el exterior de las instalaciones. En general, todas las mermas que se tienen en material que ya ha pasado por la cocción son vendidas como subproducto a una empresa externa.

5.2.6. Preparación de esmalte

La preparación del esmalte se realiza de manera análoga a la de la barbotina, con las siguientes diferencias:

- La composición de los materiales de mezcla es algo diferente (por ejemplo, al esmalte de color hay que añadirle colorante).
- Se realiza una molienda de los materiales. Estos deben ser mezclados con agua con una granulometría menor que la barbotina para permitir que luego el esmalte sea aplicado con pistola. Existen, por tanto unos molinos donde a la par que se muelen los materiales se mezclan con agua.
- En el esmalte blanco (sin color) se realiza un ferofiltrado antes de almacenar la mezcla en los depósitos de maduración. En ambos tipos de esmalte, color y blanco, se realiza un tamizado y ferofiltrado a la salida de dichos depósitos de maduración. El esmalte blanco es bombeado directamente a la zona de esmaltado, mientras que el esmalte de color se transporta en bidones.

5.2.7. Fabricación de moldes

Para fabricar las piezas sanitarias, Porsan utiliza moldes de escayola que ellos mismos fabrican. El proceso que se sigue es el que a continuación se describe.

Las matrices utilizadas para dar forma al molde de escayolas son fabricadas con unas resinas especiales por el departamento

de diseño y fabricación de matrices. Antes de rellenar la matriz con escayola, debe ser preparada convenientemente. Se le aplica un agente desmoldeador (agua con jabón) y se le instalan los accesorios necesarios.

Después se procede a la preparación de la escayola y se cuele la misma en la matriz. Se deja reposar el tiempo suficiente y se desmoldea. El molde ya terminado pasa a unas cámaras donde reposa durante un determinado período antes de pasar a las cadenas de colaje. Todo el proceso de fabricación de moldes de escayola se hace de una manera absolutamente artesanal.

5.2.8. Depuración de aguas

Porsan tiene 2 flujos diferentes de aguas residuales, que son mantenidos separados, y tratados separadamente también:

- **Aguas fecales:** el tratamiento de las aguas fecales consiste en una oxigenación en un primer tanque seguido de un proceso decantado de lodos por gravedad en un segundo tanque. Después del decantado, una porción del efluente que sale por la parte superior del tanque se devuelve al tanque de oxigenación y el resto se vierte a una mina para su posterior uso para riego. Los lodos, por otra parte, se desalojan al vertedero.
- **Aguas pluviales y de proceso:** Las aguas pluviales y de proceso son recogidas en unas balsas de homogeneización, con el fin de que el afluente que entra en el proceso de tratamiento sea lo más uniforme posible. En estas balsas de homogeneización ya se produce una primera decantación, obteniéndose lodos que se descargan en el vertedero. De las balsas de homogeneización, el agua pasa a un primer tanque donde se le añade hidróxido de calcio para regular su PH. A continuación, son conducidas a un segundo tanque donde se le añade como floculante cloruro férrico y de ahí a un tanque de decantado. El agua obtenida por el desagüe superior se vierte a la citada mina para su posterior uso como agua de riego, mientras que los lodos decantados se depositan en unas balsas de secado donde se produce un nuevo efluente de agua que se vierte a la mina y unos lodos semisecos (prácticamente barbotina con ciertas impurezas) que son arrojados al vertedero.

5.3. MEDIDAS MEDIOAMBIENTALES ADOPTADAS CON ANTERIORIDAD AL PROYECTO

Las principales medidas ambientales adoptadas por Porsan antes de que se llevase a cabo la experiencia piloto del Manual MEDIA en su fábrica de Chiva son las siguientes:

- *Planta de tratamiento de aguas:* Porsan posee una planta de tratamiento físico-químico de las aguas residuales. Prácticamente lo único que portan las aguas residuales son los restos de barro del proceso. El agua que vierte Porsan es utilizada por los campesinos de la zona para el regadío de tierras. Porsan recibió quejas de los mismos ya que sus cosechas se manchaban de blanco por los vertidos de Porsan. Por ello se decidió implantar una planta de tratamiento.
- *Reciclado interno de la barbotina (barro) sin cocer:* todas las mermas y restos de barro sin cocer son recogidos y reutilizados para la fabricación de nueva barbotina.
- *Reciclado externo del barro cocido:* una vez que las piezas han sido cocidas no se pueden reutilizar para la fabricación de nueva barbotina. Por ello, Porsan vende como subproducto todas las mermas y restos que se producen a partir de la cocción a una cementera.
- *Gases de combustión del horno de cocción:* Porsan realizó un estudio para analizar la posibilidad de aprovechar el calor de los gases de combustión (aprox. 360°C). El resultado que se obtuvo es que podrían ser únicamente útiles para calentar el agua de servicios y duchas de la fábrica. Aunque todavía no ha sido implantado, Porsan tiene la intención de llevar a cabo este proyecto. Por otra parte, el aire de refrigeración que circula por las paredes de la cámara del horno y las mismas paredes del horno en sí son utilizados para calentar la nave de secado.
- *Reciclado del esmalte de las cortinas de agua de las cabinas:* Porsan puso en marcha un sistema para recuperar el esmalte que recogen las cortinas de agua de las cabinas de esmaltao. Al parecer, surgieron algunos problemas a la hora de aplicar el esmalte recuperado y el sistema fue abandonado.
- *Aceite quemado procedente de los cambios de aceite de la maquinaria:* El aceite quemado, aproximadamente unos 1.500 litros por año, es recogido por el SEPIVA de manera gratuita.
- *Bolas de alúmina:* Las bolas de alúmina se utilizan para moler el esmalte durante su fabricación. Al cabo de un cierto tiempo deben ser cambiadas, lo cual supone unas 2 Tm/año. Actualmente son retiradas por el proveedor de las mismas que las recicla.

5.4. SITUACION MEDIOAMBIENTAL ACTUAL DE LA EMPRESA

A pesar de que como se desprende del apartado anterior Porsan ya ha dedicado atención a los temas de protección del

medio ambiente, existen puntos sobre los que se puede actuar y mejorar la situación ambiental de la fábrica de Chiva; si bien se puede afirmar que el proceso productivo de Porsan no genera una carga contaminante importante.

En líneas generales, Porsan podría obtener grandes ventajas si mejorase sus condiciones de limpieza y orden interno. Las materias primas son almacenadas en silos abiertos, por lo que el aire, agua y agentes contaminantes tienen la puerta abierta a los mismos. Además, en frente de dichos silos se almacenan restos de chatarra, con lo cual existe el riesgo de que los óxidos de hierro generados por la chatarra contaminen las materias primas.

Algo parecido ocurre con el almacén de expediciones, las naves carecen de estanterías donde colocar de una forma racional el producto y éste se encuentra almacenado en el exterior de la factoría con la consiguiente existencia de mermas importantes debidas a caídas de los pallets por golpes de camiones, por ráfagas de aire y por robos. En general se denota la inexistencia de una buena sistemática de almacenamiento que, caso de ser implantada, podría generar unos buenos ahorros anuales.

En cuanto a las aguas residuales, si bien la planta de tratamiento funciona bien, tiene en la actualidad un problema. Porsan no tiene separados los flujos de aguas pluviales y de proceso. La superficie de la fábrica es grande (para permitir el secado de las piezas dentro de la nave) y, por ello, cuando se reciben lluvias torrenciales, la zona es propensa a este tipo de aguaceros, el caudal de agua aumenta enormemente y la planta de tratamiento se ve totalmente desbordada. La consecuencia de todo esto es que se produce el vertido de agua sin depurar. Por otra parte, los lodos generados en esta planta de tratamiento son actualmente tirados al vertedero. Estos lodos están compuestos en su mayor parte por la arcilla que se utiliza para fabricar los sanitarios, por lo que existen grandes posibilidades de que puedan ser reutilizados.

Otro punto importante, desde el punto de vista de minimización de residuos, es la gran generación que tiene Porsan de moldes de escayola saturados y que actualmente son tirados al vertedero. Entre 80 y 90 toneladas de escayola por mes son vertidas en forma de moldes saturados. Este punto ya se ha investigado en Porsan y parece difícil encontrarle una solución.

5.5. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LAS OPCIONES DE MINIMIZACIÓN

Partiendo de la base que se ha descrito en el apartado anterior, y tras analizar los datos obtenidos en la realización del inventario global de materias primas y residuos del proceso, se fijaron las siguientes opciones de minimización para su posterior desarrollo:

1. Minimización del vertido de moldes residuales.

2. *Separación de las aguas pluviales y las de proceso. Recirculación de las aguas de proceso.*

3. *Optimización del sistema de almacenamiento de materias primas y de producto.*

4. *Reutilización interna o externa de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas.*

En los subpartados siguientes se describen cada una de las opciones y las posibles mejoras, técnicas, económicas o ambientales que las mismas suponen.

5.5.1. Minimización del vertido de moldes residuales

Descripción de la opción: En la descripción del proceso productivo ya se ha explicado que Porsan utiliza moldes de escayola para dar la forma adecuada a los sanitarios que fabrica. Al cabo de un tiempo, los poros de la escayola se hayan totalmente taponados y el molde no es capaz de absorber el agua de la película de barro que está en contacto con él. Estos moldes tienen, por tanto, una vida limitada que varía según el tipo de cadena de la que se trate y el sanitario que se fabrique con él. La vida media de un molde de escayola está en torno a los 100 ó 150 colajes, lo que viene a ser unos tres meses; aunque esto depende mucho del ritmo de producción.

Todo esto supone que Porsan vierte entre 80 y 90 Tm por mes de moldes de escayola agotados con el resto de desperdicios asimilables a urbano a un vertedero. El problema estriba en que los moldes están provistos de una serie de accesorios de hierro y plástico, que deben ser extraídos de la escayola en caso de querer reciclar la misma.

Así las cosas, esta opción se enfocó en las dos direcciones siguientes:

- a) *Sustitución de la escayola por otro material de vida más larga.*
- b) *Reciclaje de la escayola mediante la extracción previa de accesorios de hierro y plástico.*

Evaluación técnica: Cuando se le planteó a Porsan la posibilidad de utilizar otro tipo de material que tuviese una vida más larga, contestó que, de hecho, ya están utilizando unos moldes especiales hechos con materiales plásticos en una de sus cadenas de colaje; desecando la película próxima al molde mediante una presión alta que ayuda a evacuar el agua de dicha película. El problema estriba en que, según Porsan, no es posible utilizar este sistema en todos los sanitarios que fabrica y, sobre todo, en la gran diferencia de precio que existe entre los moldes de escayola y los moldes de plástico.

Respecto a la posibilidad de reutilizar la escayola de los moldes usados, su respuesta fue que habían intentado ofrecérselo a la cementera que retira los sanitarios cocidos desechados, pero que debido a los hierros y plásticos que lleva dicha cementera no se había mostrado interesada. Por otra parte, no habían pensado en extraer los hierros y plásticos de los moldes.

Para tratar de encontrar posibles soluciones a los problemas planteados por Porsan, se acudió a la experiencia de otras empresas europeas del mismo sector industrial. Se discutió este asunto con un importante fabricante de porcelana sanitaria del norte de Europa que ha experimentado los mismos problemas que Porsan y que ha buscado soluciones a los mismos encontrando los siguientes resultados:

a) *Sustitución de la escayola por otro material de vida más larga:* Esta empresa europea se encontraba en la misma situación que Porsan: es posible utilizar moldes de plástico poroso para ciertos tipos de sanitarios, pero no para todos. Además, los moldes plásticos se pueden utilizar hasta en 1.000 colajes, pero el coste de los mismos es mucho más que diez veces el coste de los moldes de escayola.

b) *Reciclaje de la escayola mediante la extracción previa de accesorios de hierro y plástico:* En esta empresa todos los residuos de escayola son reutilizados, parte internamente y parte externamente vendiéndolo a una cementera que lo utiliza como aditivo para la fabricación del cemento. Se vieron forzados a ello debido a las elevadas tasas de vertido que tiene que pagar para verter los moldes inservibles de escayola. Actualmente, cuentan con equipos especiales que rompen los moldes de escayola en pequeños pedazos y, tras este desbroce, separan la escayola de los accesorios metálicos y de plástico.

Evaluación medioambiental:

a) *Sustitución de la escayola por otro material de vida más larga:* A primera vista, resulta conveniente, desde el punto de vista ambiental, verter una menor cantidad de moldes de escayola. Pero, por otra parte, el vertido de moldes de plástico es mucho más perjudicial que el vertido de moldes de escayola. A este hecho, se agrega otro muy importante: esta alternativa no es económicamente interesante para Porsan, por lo que se deduce que, de momento, no parece necesario ni conveniente el realizar la sustitución del material de los moldes. Quizás más adelante, con la evolución de la actual situación española en tema de legislación medioambiental, sea conveniente estudiar la composición de los moldes de plástico.

b) *Reciclaje de la escayola mediante la extracción previa de accesorios de hierro y plástico:* la posibilidad de reciclar totalmente la escayola que actualmente se está vertiendo es, desde una visión ambiental, muy positiva. Sin embargo, en el siguiente punto se comprobará que esta solución no es, por el momento, rentable para Porsan.

Análisis de rentabilidad:

a) *Sustitución de la escayola por otro material de vida más larga:* El uso de moldes de plástico poroso es perfectamente posible técnicamente hablando. Ya se ha comentado que Porsan está, de hecho, utilizándolos. Sin embargo, estos moldes son actualmente demasiado caros. Quizás en el futuro, cuando este tipo de moldes esté ya introducido y ampliamente difundido en el mercado, lleguen a ser más baratos. Sin ningún tipo de obligación medioambiental y con unas tasas de vertidos prácticamente nulas, esta opción no es, de momento, rentable.

b) *Reciclaje de la escayola mediante la extracción previa de accesorios de hierro y plástico:* este tipo de alternativa es rentable en el caso de la empresa que se ha citado previamente gracias a las altas tasas de vertidos allí vigentes, que oscilan en torno a las 20.000 pts/Tm para este tipo de residuos. Porsan en cambio, el único coste que tiene es el del camión que utiliza para transportar estos residuos hasta un vertedero cercano. El coste aproximado de trocear la escayola y separarla de los accesorios metálicos y de plástico es de unas 10.000 pts; mientras que el precio que se puede obtener por la escayola, vendiéndola como subproducto, es de unas 2.000 pts/Tm, pudiéndose, quizás, conseguir algo más —unas 500 pts. por Tm de escayola usada— gracias a la venta de hierro y plástico. Por lo tanto, desde el punto de vista económico, esta alternativa tampoco resulta aconsejable en el caso de Porsan.

A pesar de que ambas soluciones hayan resultado rechazadas debido a su inviabilidad económica, conviene no perderlas de vista para estar preparados para futuros cambios en la reglamentación de vertidos no tóxicos ni peligrosos, o en los precios de mercado de los moldes de plástico poroso o de cualquier otro material alternativo que pudiera surgir.

5.5.2. Separación de las aguas pluviales y las de proceso. Recirculación de las aguas de proceso

Descripción de la opción: En los últimos años, el Levante español ha sido duramente castigado por lluvias torrenciales en determinados periodos del año. Aunque esto no es lo corriente y

estas lluvias han sido excesivas, lo que sí es cierto es que esta zona de España se caracteriza por recoger escasas lluvias en la mayor parte del año y copiosos aluviones al final del verano y durante el otoño. Para prevenir inundaciones derivadas de grandes caudales de agua en pocos minutos, Porsan tiene diseñado un sistema de recogida de aguas pluviales capaz de digerir los aluviones.

El problema con que se encuentra Porsan actualmente es que las aguas de proceso y las pluviales se recogen conjuntamente antes de pasar a la planta de tratamiento (independiente de la planta de fecales). Después del tratamiento, el agua es vertida a una mina y posteriormente utilizada por los agricultores de la zona para riego. El agua de proceso de Porsan arrastra consigo arcilla y otras materias primas utilizadas para la preparación de la barbotina y del esmalte, lo cual le da un color blanquecino. Cuando se registran aluviones de agua, el enorme volumen de aguas pluviales rebosa la planta de tratamiento y ésta es incapaz de digerirla, por lo que el agua se vierte junto con la arcilla y otras materias en suspensión. Los campos de labranza se manchan de blanco y Porsan recibe quejas por culpa de ello.

La diferencia en caudal que provocan las lluvias es muy grande. Mientras que con tiempo seco el máximo caudal que pasa por la planta de tratamiento es de aproximadamente 10 m³ por hora, con lluvias torrenciales el caudal puede llegar hasta 500 m³ por hora.

Aparte de que se reciban quejas de los campesinos, existen dos grandes ventajas derivadas de la separación de las aguas pluviales y de proceso:

- El agua de lluvia no perjudicará en adelante el buen funcionamiento de la planta depuradora. Además ello permitirá ahorrar dinero, ya que actualmente se está depurando agua que no necesita ningún tratamiento.
- Si se envía únicamente el agua de proceso a la depuradora, se estará en condiciones de evaluar los posibles beneficios de una reutilización del agua y de los lodos.

Evaluación técnica: La primera alternativa que se manejó fue la de separar las aguas pluviales de las de proceso, es decir, construir un sistema nuevo de recogida de aguas de lluvia. Sin embargo, el personal de Porsan estima que el coste sería muy elevado y, por tanto, esta posibilidad se debe descartar.

La segunda alternativa que se manejó entonces fue hacer cambios en las recogidas de aguas de proceso, ya que el caudal de las mismas es relativamente pequeño y ello induce a pensar que los cambios resultarían más baratos. De cualquier forma, Porsan no tiene esa opinión y piensa que, en general, cualquier cambio en el sistema de recogida de aguas pasa por una alta inversión y supondría el paro de la producción durante un determinado período.

Antes de tomar la decisión, se deben considerar y analizar todos los aspectos involucrados en la misma. Desde el punto de vista técnico, una de las ventajas de la separación de las aguas pluviales y de proceso sería la recirculación de las aguas de proceso para su reutilización. Por ello, es de singular importancia conocer no sólo la cantidad de agua utilizada y vertida sino la calidad de agua fresca que se necesita para el proceso.

Otro aspecto técnico interesante de la separación de las aguas pluviales y de proceso es el hecho de que la floculación y la sedimentación en la planta de tratamiento de aguas operaría mejor con un menor caudal de agua. Incluso, con una reducción grande del caudal de agua a tratar es posible trabajar sin agentes químicos coagulantes.

Evaluación medioambiental: Las aguas de proceso contienen principalmente arcilla, colorantes de los esmaltes y otras materias inertes. Los colorantes solubles en agua no son, en general, especialmente dañinos para el medio ambiente. Sin embargo, el caso de Porsan es algo diferente. El agua tratada es utilizada posteriormente para el regadío y esto supone que las pequeñas partículas que arrastra el agua taponen los poros de la tierra, especialmente cuando se producen las situaciones de desbordamiento de la planta por lluvias torrenciales.

En general, un menor caudal a través de la planta de tratamiento redundaría en un beneficio para los terrenos que se riegan con el agua que vierte de Porsan y, sobre todo, deberían ser evitadas las situaciones de desbordamiento y vertido de aguas sin tratar. La imagen de Porsan se ve claramente perjudicada cada vez que se producen tales desbordamientos.

Otro punto a destacar, es el hecho de que un menor caudal implica una disminución en el uso de compuestos químicos para producir la floculación, y esto es siempre recomendable desde el punto de vista medioambiental.

Por último, se debe reseñar que el hecho de hacer recircular el agua de preparación de esmalte es un buen modo de eliminar los colorantes y otras sustancias que lleva disueltos el agua ya que pasan a formar parte del producto final.

Análisis de rentabilidad: En el actual estado de desarrollo de la opción, el análisis de rentabilidad debe ser hecho de una manera muy general. De cualquier manera, los siguientes puntos han de ser tenidos en consideración a la hora de evaluar económicamente los beneficios o costes extras de esta opción:

- a) *Coste de reformar el sistema de recogida de aguas, separando las aguas pluviales de las de proceso:* Porsan no tiene idea acerca de cuánto supondría separar ambos flujos, pero piensa que el coste sería elevado, ya que, en

su opinión, habría que parar la producción y realizar una reforma profunda.

- b) *Coste actual del agua y coste futuro de la misma:* El precio que paga actualmente Porsan por el agua que consume es muy bajo –en torno a las 14 pts/m³. Esto implica que la recirculación de las aguas de proceso no resulta demasiado atractiva, desde el punto de vista económico, ya que el ahorro derivado de ello es muy pequeño. Sin embargo, Porsan debe mirar hacia el futuro y pensar que en un país como España, donde el agua es un bien escaso, el precio de la misma puede sufrir incrementos considerables. Por otra parte, es previsible que las administraciones públicas impongan, en un futuro no lejano, tasas de vertidos y multas por evacuar agua sin depurar; tal y como ya se hace en muchos de los países de la CE.
- c) *Coste de los compuestos químicos utilizados en la planta de tratamiento:* Aunque estos costes son bajos –aproximadamente 130.000 pts anuales, han de ser tenidos en cuenta en el análisis económico de la opción.
- d) *Valor de un incremento en la calidad de las aguas que salen de Porsan para ser usadas en irrigación:* Este incremento en la calidad de las aguas de riego supondría una mejora de la imagen de Porsan como empresa y, aunque es difícil de estimar, debe ser también considerado. Las quejas de los agricultores de la zona desaparecerían.

No es necesario profundizar en el análisis económico de esta opción para percatarse de que, en las condiciones actuales, no resulta rentable el llevarla a cabo. Sin embargo, es preciso insistir en que Porsan debe mirar hacia el futuro, intentando adelantarse a los acontecimientos que están por venir y observándose en el espejo de otros países europeos más avanzados. Si así lo hace, deducirá que, tarde o temprano, deberá plantearse de nuevo esta opción.

5.5.3. Optimización del sistema de almacenamiento de materias primas y de producto

Descripción de la opción: La actual gestión de stocks que se practica en Porsan conlleva la generación de un destacable número de residuos en forma de mermas de producto y materias primas perdidas y, lo que es más importante para Porsan, unos costes extras aparejados elevados.

Para el mejor desarrollo de la opción la dividiremos en dos partes:

- a) *Almacén de materias primas:* El actual almacén de materias primas está compuesto por una serie de silos abier-

tos donde el aire y el agua pueden entrar libremente. La mayoría de las materias primas que utiliza Porsan son de naturaleza pulverulenta y se reciben a granel. La opción Consistiría en dotar a los silos de almacenamiento de materias primas de un cerramiento adecuado para evitar la pérdida o contaminación de materias primas por culpa del aire o agua.

b) *Almacén de productos terminados:* La situación del almacenamiento de producto es más preocupante que la de las materias primas. Porsan cuenta con una serie de amplias naves donde almacena parte de su producto terminado. Sólo una de ellas está dotada con estanterías para la colocación de pallets. El resto de las naves están infrautilizadas, al no existir estanterías para el posicionamiento ordenado del producto y, aparentemente, no seguir una sistemática ordenada en la distribución de productos dentro de dichas naves. Pero lo peor de todo es que Porsan tiene una gran cantidad de producto terminado almacenado en el exterior de la fábrica dando una impresión que no refleja la profesionalidad con que se trabaja en el interior de la misma y registrándose una gran cantidad de mermas de producto terminado por robos, golpes de aire, golpes con vehículos de transporte, etc. Además, es muy probable que algunas piezas lleguen con defectos al cliente ya que se almacenan sobre pallets pero sin retractilizar y empáquetar adecuadamente hasta que salen a destino.

Evaluación técnica: Se trata de una opción de buen manejo de materiales y orden interno, por lo que el desarrollo técnico se limita a una breve descripción de cuáles deben ser las medidas a adoptar.

También lo dividiremos en las dos partes de que se compone la opción:

a) *Almacén de materias primas:* Tal y como están actualmente contruidos los silos, las materias primas son arrastradas por el aire, cuando éste sopla con cierta fuerza, y por el agua de las lluvias. Además, en caso de lluvia existe un inconveniente agregado. Enfrente de los silos hay una explanada donde se almacena chatarra y con la humedad ambiente y la lluvia, la chatarra se oxida rápidamente. Las propias ruedas de las palas que recogen la materia prima para fabricar la barbotina, al andar por la explanada, se manchan del óxido que genera la chatarra contaminando las materias primas. El hierro y sus óxidos es nefasto para la fabricación de porcelana sanitaria, debido a las manchas que producen en las piezas.

Por ello, lo primero que se ha de hacer es retirar la chatarra de la explanada de enfrente para almacenarla en

otro sitio. Lo segundo, será dotar a los silos de un cerramiento adecuado con puertas que deberán permanecer cerradas si no se está depositando o retirando material de los mismos.

b) Almacén de productos terminados: En el caso del almacén de productos terminados se debe abordar el problema con la máxima urgencia, solucionándolo en las siguientes direcciones:

- Analizar el modo de mejorar el aprovechamiento del espacio interno, instalando estanterías y racionalizando la sistemática y orden dentro del almacén.
- Conseguir una disminución de los stocks de producto terminado: los actuales stocks constituyen un problema para Porsan. En primer lugar significan una pesada carga financiera; en segundo lugar, las mermas por robos y rotura de producto deben ser elevadas, lo cual implica un incremento de los costes de producción y, por último, el hacinamiento de producto en el exterior de la fábrica perjudica la imagen de Porsan constituyendo una antítesis de la profesionalidad de su sistema productivo. La imagen de la calidad de Porsan también se puede ver perjudicada cuando lleguen a los clientes artículos en mal estado por el deficiente sistema de almacenamiento.

El problema del almacén de distribución de Porsan puede radicar en la no existencia de un departamento real de logística que engrane el área comercial y el área productiva. La tendencia en la actualidad, dentro del marco de las empresas productivas, es que exista un departamento de logística con entidad y mando como para recibir los pedidos de la dirección comercial y, con la información y preparación adecuada, lanzar los pedidos a fábrica. Será, por tanto, función del departamento de logística decidir y controlar los mínimos stocks que se necesitan para que todo el sistema funcione en ausencia de problemas de suministro y con la mínima carga financiera por stocks.

Este departamento de logística debería contar con el apoyo necesario para desarrollar esta labor, dotándole de los recursos humanos, técnicos, informáticos, etc. necesarios para ello.

Evaluación medioambiental: El beneficio medioambiental de esta opción se encuentra en los siguientes puntos:

- El cerramiento de los silos de materias primas evitarán que el aire arrastre partículas de arcillas, feldespatos, caolines y demás materiales y los esparza por los alrededores.
- Dicho cerramiento permitirá, así mismo, que el agua no arrastre cuando llueva las materias anteriormente mencionadas.

- En cuanto al almacén de producto terminado la reducción en las mermas no constituye una mejora medioambiental efectiva ya que Porsan las vende actualmente a una cementera, pero siempre es positivo conseguir una reducción en los residuos aunque éstos sean vendidos como subproducto.

Análisis de rentabilidad: Con la información de que se dispone en el momento, sólo es posible realizar una evaluación preliminar de los aspectos económicos involucrados en la opción:

a) *Almacén de materias primas:* Porsan no tiene datos acerca de las pérdidas económicas que se derivan de la dispersión y contaminación de materias primas. De cualquier manera, la inversión necesaria para mejorar los silos es pequeña y visto todo lo anterior es aconsejable acometer la adecuación de los mismos.

b) *Almacén de productos terminados:* Aquí la inversión sí será importante, pero los beneficios que se pueden generar son altos. Porsan no ha realizado una estimación acerca de los costes involucrados en el actual sistema de gestión de stocks de producto. Sin embargo, sería conveniente que acometiera un estudio acerca de este particular, analizando los costes financieros causados por el alto stock, las pérdidas económicas que suponen las mermas y, en general, la mala gestión del stock.

5.5.4. Reutilización interna o externa de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas

Descripción de la opción: En la planta de tratamiento de aguas, la arcilla y el resto de materiales insolubles que contiene el agua de proceso son decantados. Para ello se utiliza primeramente hidróxido cálcico para regular el PH del agua y después cloruro férrico como agente floculante. A continuación pasa a un tanque de decantado, del cual se descargan los lodos a una balsa de secado. Dentro de la balsa de secado, los lodos permanecen el tiempo suficiente para secarse, formándose una pasta que se descarga al vertedero.

Estos lodos están formados en un 99% por las materias primas que se utilizan para la formación de barbotina con un mayor o menor grado de humedad y una pequeña proporción del colorante usado para la fabricación del esmalte.

Esta opción se orientó en el estudio y desarrollo de procedimientos para la reutilización, preferentemente interna de estos lodos. En principio, parece viable la posibilidad de reutilizar los lodos en el proceso de fabricación de barbotina, mezclándolos en la proporción adecuada con materias primas vírgenes.

Evaluación técnica: El primer problema que surge a la hora de plantear una reutilización interna de los lodos es el hecho de que Porsan utiliza actualmente cloruro férrico como agente coagulante. Ya se ha mencionado anteriormente que el hierro constituye un enemigo de la calidad final de la porcelana sanitaria, ya que durante el proceso de cocción se producen manchas en la superficie de las piezas.

Este problema se resuelve utilizando polisulfato de aluminio como coagulante en lugar de cloruro férrico. La diferencia de precio entre ambos coagulantes es pequeña y el polisulfato de aluminio no da problemas de calidad durante la cocción de las piezas; actuando como coagulante de manera muy similar al cloruro férrico. De hecho, se ha contrastado que existen empresas en Holanda que están reutilizando los lodos con resultados satisfactorios.

De cualquier forma, antes de dar ningún paso, habría que analizar la composición de los lodos que se obtienen en las balsas de secado y los requisitos de calidad que se exigen a las materias primas. Con estos datos se podría efectuar un estudio, incluyendo pruebas de fabricación a pequeña escala, con el fin de determinar si es posible la reutilización de los lodos como materia prima de la fabricación de barbotina y, en el caso de que la respuesta sea afirmativa, en qué proporción deberían ser mezclados con las materias primas vírgenes.

En el caso de que, tras efectuarse el estudio completo, se llegase a la conclusión de que, por motivos de calidad, no es aconsejable reutilizar los lodos para la fabricación de barbotina; siempre cabría la posibilidad de venderlos a una empresa externa. Concretamente, también en Holanda, se han encontrado casos de fabricantes que venden estos lodos a fábricas de ladrillos.

Evaluación medioambiental: Los lodos no constituyen un gran peligro para el medio ambiente, en el sentido de que son inertes y prácticamente inofensivos para el mismo. Sin embargo, no es menos cierto que la cantidad de residuos no tóxicos y peligrosos que la sociedad genera es tan grande, que cualquier acción para reducir el volumen de los mismos es siempre bienvenida.

La industria ha de preocuparse actualmente no sólo de la calidad de los residuos que genera, sino también de la cantidad de los mismos. Además, los colorantes utilizados en el esmalte son algo más nocivos y la idea de inertizarlos incorporándoles al producto terminado es buena.

Análisis de rentabilidad: Esta opción no requiere una inversión inicial, propiamente dicha. Únicamente habría que considerar los costes que supondría el análisis de la composición de los lodos y el estudio técnico de su posible reutilización como materia prima para la fabricación de barbotina, incluyendo las pruebas necesarias para ello. En cualquier caso estos costes serían bajos.

En cuanto a los costes de operación, no existen diferencias entre transportar los lodos al almacén de materias primas o a la escombrera donde esperan los residuos para ser transportados al vertedero. Sí se produciría un ahorro en el coste del transporte de residuos de la escombrera al vertedero.

Respecto a los gastos en compuestos químicos, la sustitución de cloruro férrico por polisulfato de aluminio supondría un incremento en los costes que oscilaría entre las 50.000 pts y las 100.000 pts anuales.

Por último, habría que considerar el ahorro que se produce en materias primas. Este ahorro depende en cierta medida de la proporción en que se pueden mezclar los lodos con las materias primas vírgenes, pero se puede estimar que estaría entre 500.000 pts y 1.500.000 pts anuales.

**Empresa: REPSOL QUIMICA
(Fca. de Gajano, SANTANDER)**

Sector: QUIMICO



Equipo de trabajo:

- REPSOL: F. Fernández Zuazo
A. Martínez
P. Sarasúa

- HASKONING: A. Baena
B. Van Drooge
A. Van Ewijk
T. Van Uiter

6.1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Uno de los grupos industriales españoles más conocidos, no sólo dentro de España sino también en el contexto internacional, es Repsol. Por ello no necesita ninguna presentación especial como grupo. Una de las principales divisiones dentro de Repsol es Repsol Química. A esta última pertenece el Complejo de Gajano (Santander, Cantabria), que es el que ha sido objeto de la aplicación práctica del Manual MEDIA, como parte del programa de desarrollo y elaboración del mismo.

En el Complejo de Gajano se fabrican dos tipos completamente distintos de productos: caucho sintético y negro de carbono. Para ello existen dos instalaciones casi totalmente independientes, prácticamente dos fábricas dentro de una. Lo único que tienen en común estas dos instalaciones son los servicios generales, como generación de vapor y calor, electricidad, suministro de agua, etc. Por lo demás funcionan de manera independiente, fabricando dos productos con aplicaciones, mercados y métodos de producción completamente distintos.

En el Complejo de Gajano trabajan 320 –empleados de los cuales 8 son directivos y el resto personal administrativo, jefes intermedios y mano de obra directa– y la producción del mismo está cifrada en torno a las 80.000 Tm de caucho sintético y 40.000 Tm de negro de humo; con una facturación total anual de aproximadamente 10.500 millones de pesetas.

La organización humana de Gajano es muy completa, contando con un Departamento de Seguridad y Medio Ambiente, algo que todavía no es común dentro de la industria española. El resto de departamentos que forman parte del organigrama del Complejo son: Dto. de Producción y Procesos, Dto. de Asistencia Técnica y Gestión de Calidad, Dto. de Servicios Técnicos, Dto. de Administración y Dto. de Recursos Humanos; contando, asimismo, con un Servicio de Informática general para todos los departamentos.

El complejo data de 1966, pero ha ido evolucionando y se ha modernizado progresivamente conforme al desarrollo de la tecnología. La aplicación experimental del Manual MEDIA se realizó únicamente en la producción de caucho sintético, lo cual no ofreció ningún problema ya que, como se ha comentado, ambas instalaciones funcionan de manera independiente.

Actualmente el Complejo de Repsol en Santander es la única fábrica de caucho sintético de España. Aproximadamente el 50% de la producción de caucho es exportada al extranjero. Dentro de la exportación los principales países destino de las ventas de Repsol son los países de la CEE, pero recientemente han empezado a extender sus ventas a otros países como EE.UU. y países de Sudamérica, Extremo Oriente, etc.

El caucho sintético es un polímero que se fabrica mediante un proceso en el cual se polimerizan ciertos compuestos orgánicos denominados, de manera general, monómeros. Los monómeros que se utilizan como materias primas en Gajano para obtener el caucho sintético son butadieno y estireno. Los tipos de caucho que se obtienen a partir de estos dos monómeros son muy variados, pero se pueden distinguir cuatro grupos principales:

1. *Cauchos de polibutadieno:* Únicamente se utiliza como monómero el butadieno y el polímero está constituido por una cadena de moléculas de butadieno. Es de color muy claro y las principales aplicaciones del mismo están en la fabricación de neumáticos y artículos que requieren resistencia a la abrasión.

2. *Cauchos de estireno-butadieno con estructura al azar:* Formados por moléculas de estireno y butadieno entremezcladas al azar. La apariencia, color y propiedades de los mismos varía dependiendo de la proporción de estireno y butadieno con que se formen. La aplicación práctica también varía dependiendo de la proporción de los monómeros, pero se utilizan principalmente para neumáticos, calzado, correas, piezas técnicas, etc.

3. *Cauchos de estireno-butadieno con bloque poliestirénico:* Formados por bloques de moléculas de estireno con bloques de butadieno intercalados. De color blanco, se utilizan para la fabricación de suelas de calzado y piezas técnicas de alta dureza.

4. *Termoplásticos:* son cauchos de estireno y butadieno con estructura en telebloque. Presentan la ventaja de que no tienen que vulcanizarse y constituyen, hoy en día, el producto estrella de los cauchos sintéticos. Es de color blanco. Las principales aplicaciones de los termoplásticos se encuentran en la fabricación de asfalto, calzado, planchas inyectadas de gran dureza, etc.

El proceso de producción del caucho sintético presenta el corte clásico de un proceso de la industria química. Comienza con una purificación de las materias primas que se utilizan, después se efectúa la reacción de polimerización y, más tarde, una serie de operaciones destinadas a obtener el producto de acuerdo a las exigencias del mercado (eliminación del disolvente utilizado en la reacción, eliminación del agua, secado y correcto envasado del producto).

A continuación se realiza una descripción general de cada una de las etapas y pasos del proceso de fabricación.

6.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

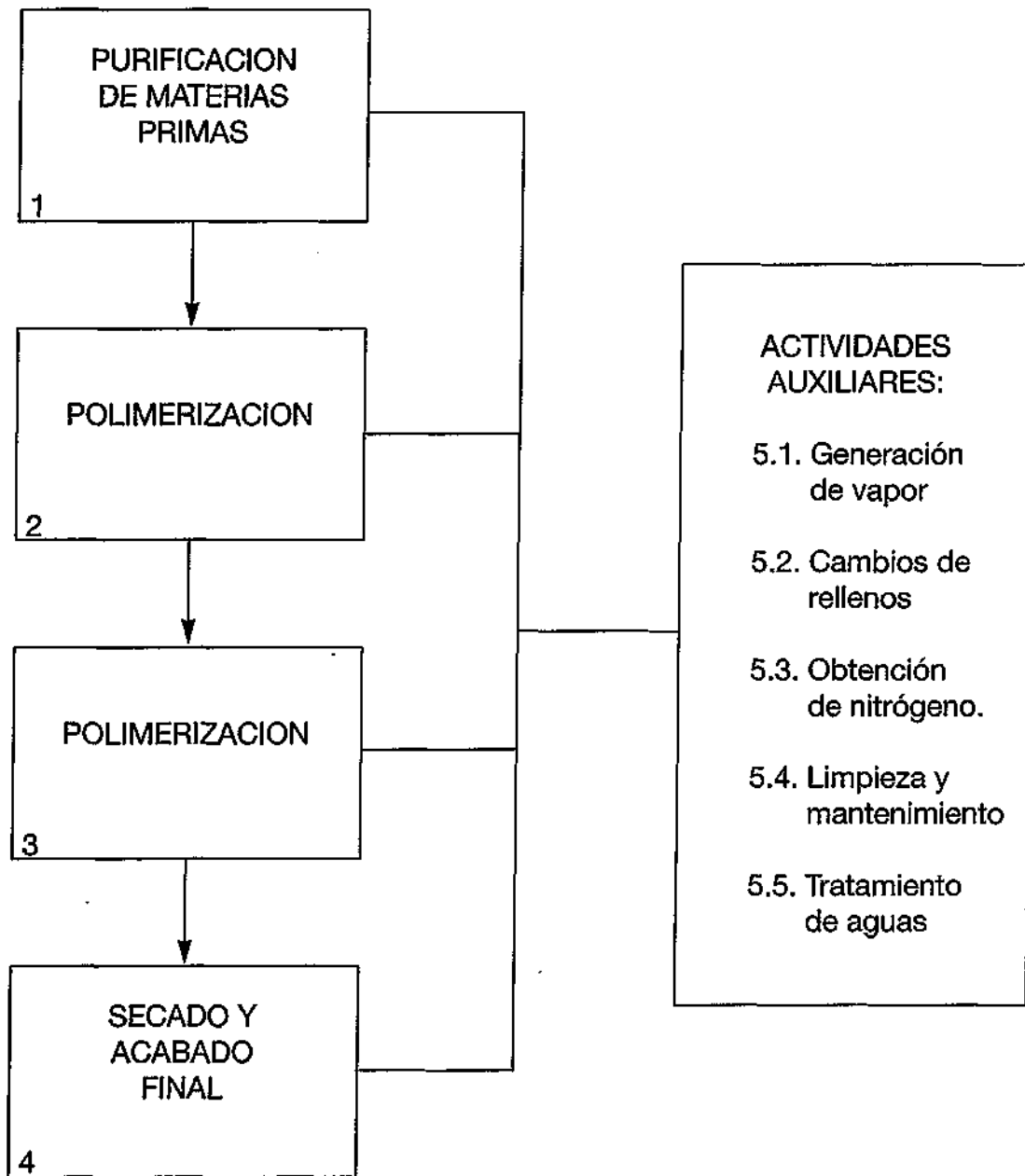
El proceso consta de las siguientes etapas:

1. Purificación de materias primas.
2. Polimerización.

3. Recuperación del disolvente.
4. Secado y acabado final.
5. Actividades auxiliares.

Dentro de los apartados que siguen se desarrolla en qué consiste cada etapa del proceso, así como las actividades auxiliares al mismo. En la figura siguiente aparece un diagrama general del proceso de fabricación del caucho sintético.

FIGURA 1: DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO



6.2.1. Purificación de materias primas

Los reactivos que se utilizan en el proceso de polimerización son el butadieno y el estireno. Estos dos compuestos constituyen los monómeros que reaccionan para dar lugar al caucho. Sin embargo, aparte de los mismos, se utiliza un disolvente como soporte de los monómeros y como medio para evacuar el calor que se produce durante la reacción de polimerización, que es grandemente exotérmica.

Este disolvente se utiliza en circuito cerrado, es decir, se añade antes de empezar la reacción y una vez que se obtiene el polímero es separado del mismo y recuperado para una nueva utilización.

Tanto los reactivos como el disolvente deben ser purificados antes de que tenga lugar la polimerización. Dicha purificación consiste en la eliminación de cualquier sustancia polar que puedan llevar disueltas, ya que las mismas constituyen un veneno para que la reacción se inicie.

Las principales sustancias polares que traen los reactivos son agua y un inhibidor de polimerización, que precisamente es añadido por el proveedor para evitar que los reactivos polimericen durante el transporte o el almacenamiento previo a la reacción. Del disolvente habrá que eliminar el agua que gana durante el proceso de recuperación del mismo a partir de la mezcla de polímero y disolvente que se obtiene de la reacción.

Para cada una de estas sustancias se sigue un proceso de purificación diferente. A continuación se explica en qué consiste cada uno de ellos:

- Purificación del butadieno:

El butadieno que se emplea tiene una pureza del 99,5% y se recibe por dos medios: bien por camiones cisterna, bien por barco. Existe una instalación que une la bahía cercana a la fábrica con los tanques de butadieno.

En primer lugar se elimina el agua por destilación en una columna de relleno. El agua se elimina por cabeza de la columna, mientras que por el fondo de la misma se obtiene el butadieno.

A continuación se evapora este último en un tanque de flash, separándolo del inhibidor y de los hidrocarburos pesados que van conjuntamente al tanque de pesados donde se almacenan para alimentar la combustión de la caldera.

El butadieno, ya purificado, es almacenado en lo que Repsol denomina "tanque de seco del butadieno". Poste-

riormente el butadieno es enviado al reactor desde el tanque de seco cuando éste necesita ser alimentado (el proceso no es continuo, los reactores se alimentan por cargas, de manera discontinua). Sin embargo, no es enviado directamente, antes de entrar en el reactor pasa por una torre de adsorción que elimina los restos que todavía pudieran existir de inhibidor o agua.

– *Purificación del estireno:*

El estireno, al igual que el butadieno se puede recibir en camión cisterna o por barco con una pureza del 99,6%. Las principales impurezas a eliminar antes de la reacción de polimerización son también el inhibidor y el agua. Pero el proceso de purificación del estireno es más sencillo que el del butadieno. Únicamente se hace pasar el mismo a través de una torre de adsorción. Una vez que el estireno ha pasado por la torre de adsorción se almacena en el llamado "tanque de estireno seco".

– *Purificación del disolvente:*

La impureza a eliminar del disolvente es el agua. El disolvente funciona prácticamente en circuito cerrado, añadiéndose únicamente las pérdidas que se tienen del mismo durante el proceso. El disolvente se recibe sin agua pero el problema nace en el sistema que se utiliza para la recuperación del disolvente una vez que la polimerización ha tenido lugar. La separación entre el disolvente y el polímero se realiza en unos strippers mediante un arrastre del disolvente con corriente de vapor. De esta manera, el disolvente que se devuelve al tanque de almacenamiento queda saturado de humedad, debiéndose, por tanto, eliminar la misma antes de volver a reutilizar el disolvente.

El procedimiento que se emplea para eliminar la humedad del disolvente es la destilación. En la columna de destilación se obtienen tres fracciones diferentes: por cabeza se extrae agua, por cola se obtienen principalmente hidrocarburos pesados que se llevan a una segunda columna de destilación y, por último, se extrae una fracción intermedia que es el disolvente seco que se envía directamente al tanque de disolvente seco.

Los fondos de esta primera columna son enviados a una segunda columna para recuperar la fracción de disolvente que dichos fondos arrastran. En esta segunda columna, por cabeza se obtiene disolvente que se envía de nuevo a la primera columna de destilación. En el fondo de la segunda columna se extraen hidrocarburos pesados que son enviados al tanque de pesados para su posterior incineración en las calderas.

De cualquier forma, antes de introducir el disolvente en el reactor, se hace pasar al mismo a través de una torre de absorción, con el fin de eliminar cualquier traza de agua que pudiera quedar en el mismo.

6.2.2. Polimerización

En el Complejo de Gajano cuentan con ocho reactores en total, todos ellos del tipo de tanque con agitación. Los reactores se alimentan de forma discontinua, por cargas. Esta alimentación es regulada por un autómata programable, que especifica las cantidades de butadieno, estireno y disolvente que se han de cargar al reactor dependiendo del tipo de caucho que se quiera obtener. El disolvente se precalienta a una temperatura determinada para favorecer la polimerización.

En principio se puede fabricar cualquier tipo de caucho en cualquier reactor, pero en la práctica los reactores están asignados a un determinado tipo de caucho, produciéndose siempre ese tipo de caucho en ese reactor salvo en ocasiones especiales, en las que, debido a una mayor demanda por ejemplo, se puede utilizar dicho reactor para fabricar otro determinado tipo de polímero.

De esta manera, hay dos reactores asignados a la fabricación de polibutadieno y caucho de butadieno-estireno en bloque, otros dos reactores asignados a la fabricación de caucho de butadieno-estireno al azar y, finalmente, cuatro reactores asignados a la producción de termoplásticos.

Aparte de los reactivos y del disolvente, los siguientes compuestos son añadidos al reactor para permitir obtener el producto deseado:

- *Iniciador*: Se utiliza un compuesto organo-metálico. Su misión es provocar el comienzo de la reacción de polimerización, sirviendo de engarce para unir las cadenas de polímeros. Sale formando parte del caucho sintético.
- *Acoplantes*: Cuando se necesitan polímeros radiales se utilizan agentes acoplantes polifuncionales.
- *Modificadores*: Los modificadores se utilizan únicamente cuando se quiere obtener caucho de butadieno-estireno al azar. Son sustancias de carácter básico que modifican la reactividad de los monómeros obteniéndose copolímeros de estructura desordenada denominada al azar.
- *Finalizador*: Se emplea para terminar las cadenas de polímero.

La reacción es exotérmica. Una vez que la reacción ha finalizado (el rendimiento de la misma es de un 99,5%), se descarga el reactor añadiéndose a la salida del reactor antioxidantes para proteger el caucho.

Del reactor la mezcla pasa a un tanque de flash, donde parte del calor generado durante la polimerización se aprovecha para evaporar una fracción del disolvente seco que es recuperado para ser enviado al tanque de húmedo del disolvente. En su camino hacia dicho tanque, el disolvente pasa a través de un tamiz molecular.

El resto de la solución de polímero en disolvente se bombea a unos tanques de mezcla donde se homogeneiza el caucho obtenido en 8 o 10 reacciones. Una vez que la mezcla es uniforme y se comprueba que cumple con las especificaciones de proceso, la mezcla es conducida a la siguiente etapa para la recuperación total del disolvente.

6.2.3. Recuperación del disolvente

La solución del polímero en disolvente es enviada a los strippers para proceder a la recuperación total del mismo. En el camino a los strippers, se añaden lo que se conoce como aceites de extensión. Son aceites aromáticos y nafténicos que confieren al caucho sintético ciertas características necesarias para su posterior utilización.

La mezcla de polímero, disolvente y aceites de extensión entra en el primer stripper. En este stripper se introduce vapor a contracorriente procedente del stripper secundario. Esta corriente de vapor evapora y arrastra el disolvente, saliendo por la parte superior del stripper y siendo enviada a un condensador/decantador donde se separa el agua del disolvente. El disolvente húmedo es enviado al depósito de disolvente húmedo. Por la parte inferior del stripper sale una mezcla de agua, disolvente (10%) y caucho sintético coagulado en forma de grumos.

Además de las entradas al stripper primario citadas en el párrafo anterior, también se introduce en el mismo parte del agua que es separada del disolvente (tras su salida por cabeza del stripper).

Este flujo de la parte inferior es enviado al segundo stripper, que es también alimentado con una contracorriente de vapor. Por la parte superior de este segundo stripper sale vapor con algo de disolvente que se envía al stripper primario y, por la parte inferior, los grumos de caucho, ya sin apenas disolvente (un 1% como máximo), suspendidos en agua.

La suspensión de caucho en agua, procedente de la coagulación y separación del disolvente, es almacenada en un tanque.

Dicho tanque, denominado tanque de grumos, está agitado para mantener una mayor uniformidad en el producto.

La suspensión de grumos y agua es bombeada desde el tanque de grumos hasta un conjunto de malla fija y tamiz vibratorio horizontal, donde se separa el agua físicamente y se queda el grumo con un contenido de humedad del 50%.

Una fracción del agua más los finos de caucho que sale por la parte inferior del tamiz es enviada a la planta depuradora y el resto recircula, enviándose al primer stripper. En el camino al stripper primario se le añaden agentes que actúan como dispersantes de los grumos que se forman en el primer stripper.

6.2.4. Secado y acabado final

Del tamiz horizontal vibratorio los grumos son enviados a la línea de secado propiamente dicha. En primer lugar, los grumos entran en una máquina llamada expeller, que es un cilindro con un tornillo sin fin que comprime el caucho contra un cabezal perforado. El agua sale por unas hendiduras laterales, denominadas costillares, por efecto de la presión.

El objeto de esto es:

- Bajar el contenido de humedad del caucho hasta un 8-10%.
- Compactar los finos presentes en los grumos de caucho.
- Formar un aglomerado poroso para facilitar el proceso de secado.

El producto a la salida del expeller entra en una máquina llamada expander parecida a la anterior, en la cual se somete nuevamente al caucho a una compresión con objeto de elevar la presión y temperatura por encima del punto de ebullición del agua, evitando su evaporación, hasta extruir el caucho que sale por unos pequeños orificios. Al salir por estas bocas de extrusión y pasar instantáneamente de la alta presión a la presión atmosférica, se produce una evaporación súbita del agua, dejando el caucho con una humedad menor al 0,75%.

A partir del expander, las diferencias entre las líneas de acabado son sustanciales dependiendo del tipo de caucho del que se trate:

- *Líneas de secado de cauchos de polibutadieno y butadieno-estireno azar y bloque:*

Después del expander, los grumos pasan a través de lo que se denomina caja caliente. La misión de la misma es

crear una corriente de aire que tiene por objeto evitar la condensación del vapor de agua y disminuir aún más el contenido en humedad del caucho hasta situarlo en un 0,45% aproximadamente.

El caucho procedente de la caja caliente es enfriado en un elevador espiral y, posteriormente, prensado en forma de balas de un peso de 33 Kg. Las balas pasan a continuación a la unidad de embalado, donde se colocan sobre pallets y se envuelven con polietileno de manera automática.

- Líneas de secado de termoplásticos:

En estas líneas el caucho, a la salida del expander, es transportado mediante una bandeja vibratoria al elevador espiral para ser enfriado.

Posteriormente, el producto, una vez frío, es transportado a un molino con objeto de obtener el producto con la granulometría adecuada. Tras ello, el producto es conducido a través de un transporte neumático, donde se termina de enfriar y, finalmente, se ensaca.

6.2.5. Actividades Auxiliares

Generación de vapor: Se utiliza como combustible off-gas procedente de la planta de negro de humo. También se utiliza fuel-oil como combustible de apoyo.

Antes de generar el vapor se trata el agua previamente. Es un tratamiento físico-químico consistente en una clarificación mediante un floculante y posterior filtrado a través de filtros de arena. También se efectúa un ablandamiento de la misma.

Sustitución y regeneración de los rellenos de las columnas y torres: Existe un calendario específico para efectuar los cambios de relleno de las diferentes columnas de destilación y torres de adsorción con que cuentan las instalaciones.

Este calendario es revisado y se puede ver alterado en función del estado de los rellenos, el cual es controlado periódicamente.

Laboratorios: Los laboratorios del Complejo de Gajano consumen pequeñas cantidades anuales de compuestos químicos, así como producen también pequeñas cantidades de residuos químicos. Son necesarios para los análisis del proceso y del producto y no son, por tanto, evitables.

Obtención de nitrógeno: Repsol Gajano inertiza prácticamente todos los depósitos de su instalación con nitrógeno que se genera en la propia planta mediante el método Linde.

Limpieza y mantenimiento de instalaciones: Repsol Gajano realiza una parada técnica una vez al año. Durante esta parada técnica se realizan todas las operaciones de limpieza general, mantenimiento y reparaciones que sean necesarias. Además de ello realiza un adecuado mantenimiento preventivo y limpieza de instalaciones a lo largo de todo el año.

Tratamiento de aguas residuales: El complejo de Gajano cuenta actualmente con una planta de tratamiento físico-químico de las aguas residuales tanto del proceso de fabricación de caucho sintético como del proceso de fabricación de negro de humo. Ambos efluentes de aguas son tratados separadamente, dándose un tratamiento específico a las aguas de proceso del caucho y otro diferente, naturalmente, a las aguas de negro de humo. El tratamiento que se da a ambos flujos es el adecuado, obteniéndose un efluente en condiciones para ser vertido al mar.

6.3. MEDIDAS MEDIOAMBIENTALES ADOPTADAS CON ANTERIORIDAD AL PROYECTO

En líneas generales, en todo el Complejo de Gajano se observa una gran preocupación por el impacto ambiental de su proceso de fabricación.

Como consecuencia de esta mentalidad, Repsol ha acometido numerosas medidas encaminadas a la minimización de la carga contaminante de su Complejo de Santander. Algunas de ellas coinciden plenamente con la filosofía del Manual MEDIA en cuanto a que buscan una minimización de los residuos y emisiones a través de ahorros de materias primas y energía. Entre ellas, las más representativas son las que se citan a continuación:

- *Recuperación del disolvente mediante el tanque de flash:* Con esta medida se consiguió evitar que se produjera la evaporación tipo flash dentro de los tanques de mezcla. De esta manera se evita la emisión a la atmósfera de disolvente y se recupera el mismo para ser reutilizado en el proceso productivo con el mismo fin. Además se aprovecha el calor generado en la reacción para provocar la evaporación del disolvente.
- *Columna de rectificación de pesados e incineración de los mismos en la caldera:* Con la instalación de esta columna de destilación se recupera la fracción de disolvente existente en las colas de las columnas de destilación del disolvente, generando un ahorro en el consumo anual de disolvente. Además, se aprovechan energéticamente los pesados (colas de esta columna) incinerándolos en la caldera.
- *Recuperación del inhibidor de la polimerización:* Las colas de la columna de destilación de butadieno se someten a

una evaporación tipo flash separándose el butadieno y el inhibidor. De esta manera se consigue un butadieno prácticamente seco y sin inhibidor y éste último pasa al tanque de pesados de donde se envía a la caldera para ser aprovechado energéticamente.

- *Minimización de los bidones usados de antioxidante:* Antes Repsol Gajano compraba el antioxidante en bidones. Actualmente ha construido un depósito para su almacenamiento y lo recibe en cisternas, con lo que ha suprimido este problema. Por ejemplo, en el año 91, el Complejo de Gajano generó un total de 2197 bidones usados, que tuvieron que ser retirados por un gestor externo.
- *Reciclaje externo:* Repsol Gajano vende algunos de sus residuos como subproductos a empresas externas.
- *Gestión de RTP:* El Complejo, mediante un programa de Gestión de Residuos, los envasa convenientemente y almacena hasta que son retirados por un gestor de residuos.
- *Planta de tratamiento de aguas:* Como se ha mencionado anteriormente, Repsol instaló recientemente una planta depuradora para el tratamiento físico-químico, por separado, del flujo de aguas residuales del proceso de fabricación del caucho sintético y el flujo de aguas procedentes de la fabricación de negro de humo.

En términos generales, se puede decir que Repsol Gajano ha trabajado de una forma paralela en la reducción de su carga contaminante y en la minimización de las pérdidas de materias primas y energía.

6.4. SITUACION MEDIOAMBIENTAL ACTUAL DE LA EMPRESA

A la hora de aplicar la metodología del Manual MEDIA al Complejo de Gajano, se analizó con detenimiento el proceso productivo. De este análisis se desprendió que existían posibilidades de reducir ciertas pérdidas de materias primas y energía actuando sobre el mismo proceso. Las emisiones y residuos son, en general, correctamente gestionados en este complejo, pero se pueden introducir cambios en el proceso que conlleven reducciones en la generación de dichas emisiones y residuos. Entre los puntos sobre los que hay posibilidades de actuar se pueden citar los siguientes:

- *Pérdidas de materias primas por venteos:* Ya se ha comentado que prácticamente todos los depósitos de Gajano son inertizados mediante nitrógeno, que, por otra parte, ayuda a regular la presión en el interior de los mis-

mos. Sin embargo, el nitrógeno provoca que la presión parcial de las materias primas se baje. De esta manera, cuando se ventean los depósitos por que la presión en el interior de los mismos aumenta por encima de los límites fijados, se producen emisiones de materias primas a la atmósfera, lo cual supone unas pérdidas de las mismas. En algunos depósitos los venteos se emiten directamente a la atmósfera y en otros son quemados en una antorcha.

- *Pérdidas de butadieno por la polimerización del mismo en el tanque de seco:* Cuando la temperatura ambiente se eleva, especialmente en los meses de verano, el butadieno que está almacenado en los tanques de seco en espera de ser cargado a reactores puede polimerizar. Esto ocurre porque dicho butadieno ha sido ya desprovisto del inhibidor de polimerización. Cuando esta polimerización ocurre, hay que proceder a la limpieza del tanque de seco y de las conducciones afectadas, ya que las partículas de butadieno polimerizado constituyen núcleos iniciadores de sucesivas polimerizaciones. Este fenómeno se denomina "pop-corn".

- *Recuperación del disolvente:* Una vez que se ha realizado la reacción de polimerización se procede a la separación del polímero y del disolvente, siendo éste último recuperado para su reutilización. El método que se utiliza actualmente es el de la evaporación del disolvente en una corriente de vapor en los strippers. Este método tiene dos inconvenientes principales:

- a) Por una parte supone un consumo elevado de vapor.
- b) En segundo lugar, elimina el disolvente del polímero pero le añade agua, por lo que el caucho tiene que ser secado posteriormente para eliminar el agua que ha ganado.

Por ello, se intentó buscar un método para separar el disolvente y el polímero en seco.

- *Recirculación del agua que sale de los strippers:* Actualmente este agua se recircula únicamente en parte. Este agua contiene los dispersantes añadidos para facilitar la formación de un tamaño de grumos adecuado y, tiene una temperatura aproximada de 90°C. Con ello se está produciendo una pérdida de aditivos y agua. Además una disminución del caudal de agua que se envía a la depuradora es siempre beneficioso.

- *Adición de dispersantes a los strippers:* Actualmente Gajano añade al agua que recircula en los strippers un dispersante y una sal cálcica. La finalidad de esto es que de lugar en el interior del stripper a una sal del dispersante, para que permita que se formen los grumos con el tamaño adecuado. Este procedimiento puede ser mejora-

do, ya que la adición por separado del dispersante y de la sal cálcica, en lugar de la adición de la sal del dispersante previamente formada, supone que quede calcio libre en el agua soporte de los grumos. Al evaporarse el agua en el tamiz vibratorio, el expeller y el expander, este calcio libre se convierte en carbonato cálcico y provoca obstrucciones en la línea de secado. Esto conlleva interrupciones de producción para limpiar la línea, lo que significa pérdidas de tiempo productivo y de producto. El proceso de secado también debería ser modificado hacia un sistema cerrado.

- *Consumo de vapor:* Se encontró que la cantidad de vapor empleada en la fabricación del caucho sintético era más elevada de la que debería ser en teoría. En principio esto puede ser por dos motivos: bien por que los equipos -columnas de destilación, strippers, etc.- están funcionando de una manera ineficiente, bien por que existen pérdidas en el sistema de vapor que pueden ser corregidas con un mantenimiento adecuado.

- *Sustitución de los rellenos de las torres de adsorción:* Actualmente Repsol Gajano entrega dichos rellenos a un gestor externo de residuos. Esta solución, correcta desde el punto de vista medioambiental, tiene una alternativa que puede significar ahorros para Repsol: la regeneración "in situ" del relleno.

6.5. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LAS OPCIONES DE MINIMIZACIÓN

Tal y como se desprende del capítulo anterior, los esfuerzos se centraron principalmente en estudiar mejoras dentro del propio proceso que condujeran a una menor generación de residuos y emisiones y un beneficio económico para Repsol Gajano. Las opciones de minimización que se definieron para ser analizadas fueron las siguientes:

1. *Optimización del proceso de purificación de materias primas.*
2. *Separación en seco del disolvente y del caucho sintético.*
3. *Separación en fase vapor del disolvente y del agua a la salida del stripper primario.*
4. *Minimización de las interrupciones en la línea de secado.*
5. *Mejora del mantenimiento del sistema de distribución de vapor.*

Otra posible opción que podría ser muy interesante es la posibilidad de acometer un proyecto de cogeneración de vapor y

electricidad, especialmente considerando que en la planta de negro de humo se genera off-gas que se utiliza como combustible barato. Sin embargo, esta es una opción que se ha de dejar para más adelante. Lo primero que hay que hacer es minimizar las necesidades de calor, vapor y electricidad y, una vez que eso se ha hecho, estudiar las posibilidades de éxito dentro de Repsol Gajano de la cogeneración.

A continuación se desarrollan cada una de las opciones definidas.

6.5.1. Optimización del proceso de purificación de materias primas

Descripción de la opción: Dentro de esta opción se han incluido una serie de alternativas para optimizar el proceso de purificación de las materias primas, minimizando, principalmente, las emisiones de las mismas.

Las alternativas que se han considerado son las siguientes:

- a) Minimización de las emisiones de disolvente de los depósitos de disolvente en bruto y seco.
- b) Modificación del sistema de alimentación de la columna de destilación de butadieno.
- c) Regeneración en el emplazamiento del relleno de las torres de adsorción.
- d) Venta del inhibidor como subproducto en lugar de quemarlo en la caldera.

Evaluación técnica: La evaluación técnica se realiza de manera independiente para cada una de las alternativas consideradas dentro de esta opción:

- a) *Minimización de las emisiones de disolvente de los depósitos de disolvente en bruto y seco*

Es posible minimizar las pérdidas de disolvente mediante dos sistemas diferentes:

- - Hacer pasar los gases a través de temperatura baja (entre 0°C y 10°C) para condensar de nuevo la mayor parte del disolvente evaporado. Un sistema para producir frío es mediante la evaporación de butadieno a una temperatura y presión bajas (menor de 0,5 at.) mediante la ayuda de un compresor.
- Otra solución podría ser la instalación de techos flotantes en los depósitos, capaces de compensar las variaciones de presión en el interior de los tanques.

b) Modificación del sistema de alimentación de la columna de destilación de butadieno:

En las instalaciones actuales de Repsol, el butadieno fresco o en bruto se hace pasar a través del condensador-separador que se encuentra a la salida de la columna de destilación para separar el agua del butadieno. Es mejor separar primeramente el agua y el butadieno antes de mezclar este último con el butadieno fresco, ya que de esta manera la separación se realiza de una manera mucho más efectiva.

c) Regeneración en el emplazamiento del relleno de las torres de adsorción:

El relleno de las torres de adsorción tiene como misión eliminar las sustancias polares del butadieno y del estireno. Este relleno resiste sin deteriorarse temperaturas de hasta 1.000° C. Todos los materiales que se quedan retenidos en el interior de las torres de adsorción de la línea de purificación de butadieno tienen puntos de ebullición mucho más bajos que esa temperatura (principalmente se elimina el inhibidor y agua, siendo el punto de ebullición del inhibidor muy por debajo de los 1000° C). En el caso del estireno ocurre lo mismo. Las impurezas que posee son eliminadas a una temperatura inferior a los 1.000° C (agua, inhibidor, y otras impurezas).

Por ello es posible regenerar las torres de adsorción mediante un calentamiento adecuado evitando el peligro de explosiones. Los sistemas alternativos para la regeneración en el emplazamiento son dos:

- Cambiar el relleno de la torre de adsorción y después regenerar este relleno en una torre distinta dotada con un sistema de calentamiento fijo.
- Regenerar el relleno en la misma torre con la ayuda de un calentador móvil.

Es muy importante, antes de tomar ninguna decisión, comprobar que la calidad del relleno regenerado en el emplazamiento es aceptable para ser instalado de nuevo en la torre de adsorción. Existen experiencias en otras empresas que demuestran que esto es posible.

d) Venta del inhibidor como subproducto en lugar de quemarlo en la caldera:

Actualmente, una vez que se ha separado el butadieno del inhibidor y los pesados en el tanque de flash posterior a la torre de destilación, estos últimos (en su mayor parte inhibidor) son enviados a la caldera donde se utilizan como combustible. Una posibilidad a explorar sería

analizar el contenido de estos pesados en inhibidor y averiguar si el mismo proveedor de butadieno podría estar dispuesto a comprar inhibidor con ese grado de impurezas. Si es así y ofrece un precio interesante –más de las 15 pts/kg que es el precio del fuel-oil y, por tanto, el valor que se da al inhibidor en las actuales condiciones– se podría recuperar el inhibidor y los pesados para ser vendidos como subproductos en lugar de quemados en la caldera.

Evaluación medioambiental: La alternativa "a" disminuye la emisión de hidrocarburos a la atmósfera, lo cual constituye una mejora ambiental y un aspecto que tiene gran prioridad en Europa y en el mundo entero. Los hidrocarburos afectan a la calidad de la atmósfera e influyen de una forma negativa en el efecto invernadero.

También hay que considerar que el ahorro de materias primas es un objetivo a perseguir dentro del ámbito del medio ambiente, y esto también se consigue con la alternativa "a".

Respecto a la alternativa "b", el beneficio ambiental que ofrece es el ahorro de energía que se deriva de que el condensador-separador trabaje de una manera más eficiente.

Las alternativas "c" y "d", apenas si tienen influencia en el medio ambiente. En el caso de la alternativa "c", desde el punto de vista ambiental da igual que el relleno se regenere en el emplazamiento o en un gestor externo; es únicamente un problema de hacerlo bien, de una forma eficiente y al menor coste posible para la empresa. En el caso de la alternativa "d", priman sobre todo los intereses económicos.

Análisis de rentabilidad: Se pueden hacer estimaciones y ofrecer algunos datos acerca de los beneficios económicos que se podrían obtener actuando en las direcciones marcadas en los apartados anteriores.

Las pérdidas anuales de disolvente se pueden estimar en el entorno de las 2.500 Tm. Las pérdidas en disolvente podrían verse drásticamente reducidas mediante las medidas descritas en esta opción y otras que se desarrollan en las opciones siguientes hasta en un 80%. El importe de los ahorros involucrados, aconsejan claramente que Repsol Gajano profundice en los métodos de llevar a cabo e implantar las mejoras propuestas, aunque el análisis de rentabilidad completo no pueda ser realizado en este momento.

6.5.2. Separación en seco del disolvente y del caucho sintético

Descripción de la opción: En las actuales instalaciones de Repsol en Gajano, una vez que la reacción ha tenido lugar se procede a separar el disolvente y el polímero mediante una corriente de

vapor dentro de los strippers. Esto supone que se necesita generar vapor para producir la evaporación del disolvente y que, posteriormente, se tiene que eliminar por procedimientos físicos el agua del caucho sintético para que este sea embalado seco conforme a las especificaciones de producto.

Para evitar estos dos inconvenientes existe un método alternativo de separación en seco del disolvente y del caucho. Este método consiste en un filtro de membrana capaz de separar las moléculas del disolvente de las del caucho sintético. Con el filtro de membrana no se podría recuperar todo el disolvente de la solución, pero instalado antes de que la solución pase a los strippers se podría eliminar aproximadamente un 50% del disolvente.

Gracias a esta separación previa a la entrada en strippers se conseguirían las siguientes ventajas: .

- Ahorro de vapor y, por tanto, de agua y energía.
- Minimización del vertido de aguas residuales de los strippers.
- Ahorro en el consumo de dispersantes de los strippers.
- Ahorro en los costes de purificación del disolvente, ya que el disolvente separado mediante el filtro de membrana puede ser enviado al tanque de seco, en lugar de al tanque de húmedo (habría que hacerlo pasar a través de un tamiz molecular).

Evaluación técnica: La producción media en Gajano es de aproximadamente 7 Tm/h de caucho sintético. A la salida del reactor se obtienen esas 7 Tm/h diluidas en 40 Tm/h de disolvente.

En el tanque de flash se evapora aproximadamente un 10% del disolvente que sale del reactor, es decir, unas 4 Tm/h. Esto quiere decir que al stripper primario llegan las 7 Tm/h de caucho disuelto en 36 Tm/h de disolvente a los que, previamente a su entrada en el primer stripper, también se les ha añadido 0,7 Tm/h de aceite de extensión. Además, el stripper es alimentado con unas 80 Tm/h de agua con dispersantes en solución.

Por la parte de cabezas del primer stripper salen unas 35 Tm/h del disolvente. El flujo de agua, disolvente y caucho que pasa del stripper primario al secundario, tiene una concentración en peso de disolvente en caucho del 10%. A la salida del stripper secundario la concentración final en peso de disolvente en caucho es del 1% como máximo.

Para conseguir la evaporación del disolvente dentro de los strippers se utilizan aproximadamente 25 Tm/h de vapor de agua.

Con la instalación del filtro de membrana antes del primer stripper, se estima que se puede conseguir una eliminación en seco del 50% del disolvente. Esto supondría los siguientes ahorros:

- Una reducción en el consumo de vapor de agua en torno a las 10 Tm/h.
- Una minimización de los vertidos de aguas residuales de 10 m³/h.
- Una disminución en el consumo de dispersantes de un 40-50%.
- Una reducción de la cantidad de disolvente que actualmente pasa a través de las dos columnas de destilación pertenecientes a la etapa de purificación del disolvente. Este flujo podría disminuir hasta en un 50%, ya que el disolvente recuperado mediante el filtro de membrana podría ser enviado directamente al tanque de seco.

Evaluación medioambiental: El ahorro en el consumo de vapor es interesante desde el punto de vista ambiental porque supone:

- Ahorro de agua
- Ahorro de los compuestos químicos necesarios para clarificar y ablandar el agua que se utiliza para producir vapor. Supone también, por tanto, una reducción de la generación de los lodos producidos como consecuencia de ese pretratamiento.
- Ahorro de energía y, por esta razón, ahorro de combustible que es una materia prima escasa y limitada.
- Disminución de las emisiones de gases de combustión, al necesitarse menos vapor.
- Minimización del vertido de aguas residuales. Aunque estas aguas residuales son tratadas en la planta depuradora, siempre es mejor prevenir que tratar. De esta manera se ahorran también los compuestos químicos necesarios para el tratamiento de aguas residuales y se minimiza la generación de lodos.

Análisis de rentabilidad: Esta opción necesita de tiempo para ser desarrollada. El campo de los filtros de membrana está siendo desarrollado actualmente y se están realizando en Europa pruebas y ensayos para distintos tipos de aplicaciones. En el caso de Repsol Gajano habría que realizar ensayos e investigaciones necesarios para definir el tipo de filtro de membrana que podría ser usado en su planta de Gajano.

Por todo ello, no es posible realizar un análisis de rentabilidad de la opción.

Los conceptos que generarían ahorros anuales ya se han especificado en los apartados anteriores y dichos ahorros deben ser analizados y estimados para hallar el período de retorno de la inversión y otros criterios económicos como el VAN y la TIR. Tampoco resulta aconsejable efectuar ese análisis en este momento, ya que la cuantificación de los ahorros puede variar también de una manera importante en función del tipo de membrana que se adecúe a las necesidades de Repsol Gajano.

6.5.3. Separación en fase vapor del disolvente y del agua a la salida del stripper primario

Descripción de la opción: Por cabezas del primer stripper, se obtiene una mezcla de vapor de disolvente y vapor de agua en proporción en peso de 4 a 1 aproximadamente y a una temperatura de unos 83°C.

El agua y el disolvente son fáciles de separar cuando están en estado líquido. Por esta razón para separar ambos vapores y recuperar el disolvente, en la planta de Gajano se condensan ambos y después, por decantación se separan. El disolvente se envía al tanque de húmedo de disolvente y el agua condensada en parte se vierte y en parte se introduce de nuevo en el stripper primario.

Este método de separación es válido, pero es una pena condensar el agua, porque esto supone una destrucción de calor y de energía. Sería más interesante realizar la separación del disolvente y del agua en estado gaseoso. Este tipo de separación puede ser efectuada mediante filtros de membranas también. De hacerlo así se podrían conseguir las siguientes ventajas:

- Todo el vapor de agua separado, con restos de vapor de disolvente, podría ser reintroducido en el stripper primario. Con ello se evitaría la destrucción de calor y de energía que se realiza al condensar el mismo, lo cual revertiría en un ahorro de vapor.
- Mediante una separación en estado gaseoso a través de una membrana se obtendría el disolvente en condiciones de ser enviado al tanque de seco –pasando en el camino a través de un tamiz molecular– en lugar de al tanque de húmedo.
- Minimización del vertido de aguas residuales de los stripper.
- Ahorro en el consumo de dispersantes.

Una segunda parte interesante de esta opción sería estudiar la posibilidad de instalar un sistema de calentamiento indirecto del primer stripper. El 99% de las aguas residuales que se producen en la planta de fabricación de caucho tienen su origen en los condensados del vapor utilizado en los strippers. Estos condensados, una vez que se separan del caucho en el tamiz vibratorio podrían ser reutilizados para calentar el stripper primario y, de esta manera, reducir la cantidad de vapor que se condensa al ceder su calor al disolvente. Con este sistema se ahorraría vapor y se reduciría el volumen de agua que sale del stripper secundario.

Evaluación técnica: En la salida por cabezas del stripper primario se obtiene una mezcla de unas 35 Tm/h de vapor de disolvente y unas 9 Tm/h de vapor de agua.

El dispositivo a utilizar sería similar al necesario para la separación de la solución de disolvente y caucho. Respecto a la membrana a instalar se puede pensar en dos tipos diferentes de membrana:

- Tipo 1: Membranas para separar vapor de agua puro de una mezcla residual de vapores de agua y disolvente.
- Tipo 2: Membranas para separar vapor de disolvente totalmente seco de una mezcla residual de vapor de agua y disolvente, con un poco de condensados de agua.

En principio parece más interesante el segundo tipo, ya que el disolvente, prácticamente seco, podría ser enviado al tanque de seco y la mezcla residual sería devuelta al primer stripper.

Con la separación mediante filtro de membrana se puede llegar a producir un ahorro de vapor de hasta 8 Tm/h de vapor en el caso de que la opción 2 no se implantara. Si la opción 2 se implanta y funciona de acuerdo a las estimaciones hechas, el ahorro en vapor de agua sería de aproximadamente 4 Tm/h.

Además, cuando esta opción haya sido implantada será más fácil hacer posible el calentamiento indirecto del primer stripper mediante un sobrecalentamiento de los vapores de retorno.

Evaluación medioambiental: Las ventajas medioambientales serían prácticamente las mismas que se han citado en la opción 2:

- Ahorro de agua
- Ahorro de los compuestos químicos necesarios para clarificar y ablandar el agua que se utiliza para producir vapor.
- Ahorro de energía y de combustible.
- Disminución de las emisiones de gases de combustión.
- Minimización del vertido de aguas residuales.
- Ahorro en el consumo de dispersantes.

Análisis de rentabilidad: Esta opción, está muy poco desarrollada en este momento como para emitir un juicio económico preciso acerca de su rentabilidad. Los ahorros brutos anuales serían calculados de acuerdo a los conceptos definidos en la evaluación técnica y medioambiental:

- Ahorros derivados de una menor necesidad de vapor (agua, pretratamiento de este agua, combustible...).
- Ahorros derivados de la disminución de la cantidad de disolvente a ser destilado para la eliminación de la humedad en la etapa de purificación.
- Ahorros derivados de la disminución del volumen de aguas residuales que se envían a la planta depuradora.

6.5.4. Minimización de las interrupciones en la línea de secado

Descripción de la opción: Durante el proceso de secado del caucho en el tamiz vibratorio, expeller y expander, se produce una constante evaporación de agua. La línea de secado constituye un sistema abierto. En la fina capa superficial donde se está produciendo la evaporación, la concentración de calcio aumenta progresivamente. Por otra parte, precisamente por ser un sistema abierto, el producto se encuentra en contacto con el aire y, por tanto, con el dióxido de carbono del aire. La evaporación del agua, unida a este contacto con el dióxido de carbono contenido en el aire, facilita la formación de carbonato cálcico. Este carbonato cálcico provoca obstrucciones en los finos costillares del expeller y el expander, y éstos acaban por taponarse.

Cuando esto sucede, se tiene que parar la línea de secado y proceder a la limpieza de los costillares y boquillas del expeller y del expander. Esto significa una pérdida de tiempo productivo, unos costes añadidos de limpieza de la línea y, lo que es más grave, unas pérdidas en producto. El caucho que queda dentro de los equipos antes de abrirlos, más las primeras dos o tres toneladas de producto que se fabrican no pueden ser vendidas como producto final porque se contaminan. Son almacenadas y, aunque son vendidas como subproducto, el precio que se consigue es bajo y, por tanto, supone una pérdida económica para Repsol.

Para evitar este problema, se buscaron posibles alternativas para minimizar las paradas por obstrucciones en la línea de secado. Las dos vías de mejora que se encontraron son las siguientes:

- a) *Modificación del sistema de adición de dispersantes en el stripper primario.*
- b) *Cambios en el sistema de secado del caucho.*

Evaluación técnica: La evaluación técnica se desarrolla separadamente para cada una de las dos alternativas que se han considerado dentro de esta opción:

- a) *Modificación del sistema de adición de dispersantes en el stripper primario:*

Actualmente se añade por separado la sal cálcica y el dispersante al agua de reciclaje que entra en el primer stripper. Dentro de éste último, se forma la sal del dispersante que actúa permitiendo que se forme un tamaño de gramo adecuado. El problema que existe con este sistema es que es posible que dentro del stripper quede calcio en exceso —una vez que todo el dispersante se ha transformado en su correspondiente sal. Este calcio sobrante, es muy perjudicial en la línea de secado, ya que se transformará en carbonato cálcico, al estar en contacto con el aire y taponará el expeller y el expander.

Técnicamente no parece que exista ningún impedimento a que se forme primeramente la sal del dispersante sin calcio sobrante y, una vez que se ha constituido este compuesto, introducirlo en el primer stripper. La preparación de la sal del dispersante se podría realizar mezclando una solución del dispersante con la sal cálcica en exceso y, una vez que la sal del dispersante se ha formado, retirar de la solución el calcio sobrante con una base, por ejemplo.

De cualquier forma, cuando las opciones 2 y 3 hayan sido implantadas la necesidad de dispersante se verá probablemente drásticamente reducida y esto también ha de tenerse en cuenta.

b) Cambios en el sistema de secado del caucho:

El caucho en grumos sale del stripper secundario flotando en agua a una temperatura en torno a los 100°C. Cuando llega al tanque de grumos se produce la evaporación de agua y los restos de disolvente y estos vapores son evacuados a la atmósfera. La temperatura, entonces, desciende hasta unos 80°C. Aproximadamente a esta temperatura, el agua y el caucho es enviado al tamiz vibratorio, expeller y expander. Esto significa que se produce una gran evaporación a lo largo de toda la línea de secado con la consecuente destrucción de energía y originando obstrucciones en los equipos.

De alguna manera este problema se podría corregir cerrando el tanque de grumos y poniendo a continuación una centrifugadora filtrante también cerrada en lugar del tamiz vibratorio. A la salida de esta centrifugadora filtrante se instalaría un tanque de flash. En este tanque de flash, dependiendo del rendimiento de la centrifugadora filtrante la temperatura de la mezcla de agua y producto puede ser bajada hasta unos 25°C, recuperando alrededor de 0,5 Tm/h de vapor, que iría de vuelta al primer stripper. De esta forma, se recuperaría parte del vapor -y, por ello, de energía- y se evitaría la evaporación excesiva que se produce en la línea de secado, disminuyendo así la formación del carbonato cálcico y las paradas por obstrucciones.

En resumen, mediante la reducción de la concentración de iones libres de calcio, la disminución de la temperatura de la mezcla de agua y caucho y el decremento de la concentración de agua en el producto a la entrada del expeller se puede conseguir una reducción importante del número de interrupciones por taponamientos en la línea de secado.

Evaluación medioambiental: Los principales beneficios medioambientales que se conseguirían con la implantación de esta opción son dos:

- Ahorro de vapor y, por tanto, de todo lo que dicho vapor lleva aparejado (pretratamiento del agua, combustible, emisiones de gases de combustión, agua, etc.).
- Disminución de la cantidad de producto desechado por paradas en las líneas de secado.

Análisis de rentabilidad: No es posible realizar un estudio de rentabilidad preciso de esta opción con el actual estado de desarrollo de la misma, pero las cifras que se pueden estimar a groso modo dan una idea acerca de las grandes posibilidades de ahorro y buenos índices de rentabilidad que esta opción posee:

- Aunque el caucho contaminado se vende como subproducto -a un precio, por supuesto, bastante inferior al de mercado- y seguirían existiendo inevitables interrupciones, el volumen de dinero involucrado hacen presuponer grandes posibilidades de rentabilidad.
- El ahorro en vapor de agua supondría alrededor de los 50 millones de pesetas anuales.
- A parte de los costes citados, existen otros que también se verían reducidos si esta opción se implanta con éxito, como son: pérdidas de tiempo productivo y de horas-hombre, costes de limpieza y destaponamiento de las líneas de secado, etc.

En cuanto a las inversiones necesarias, respecto al punto a de la opción se puede decir que las inversiones serán pequeñas. En cambio, el punto b implicará unas inversiones bastante más altas -en este momento no se puede precisar una cantidad orientativa, ya que la instalación más conveniente depende de muchos parámetros que deben ser analizados antes de tomar una decisión-, pero vistos los ahorros anuales que están en juego merece la pena avanzar en el estudio de detalle de esta opción.

6.5.5. Mejora del mantenimiento del sistema de distribución de vapor

Descripción de la opción: Durante la visita a la planta de fabricación de caucho de Gajano, se pudo comprobar que el sistema de distribución de vapor no estaba funcionando todo lo bien que debiera. Por ejemplo, en uno de los tanques de condensados existía una emisión constante de vapor al exterior. Esto es consecuencia del mal funcionamiento de algunos de los purgadores del sistema de distribución del vapor. El mantenimiento preventivo, en primer lugar, y corrector, cuando un problema surge son fundamentales para evitar este tipo de situaciones y conseguir ahorros apreciables con incremento de costes mínimos o nulos.

Evaluación técnica: La función de los purgadores es eliminar los condensados que se producen a medida que el vapor va entregando calor y perdiéndolo. El purgador deja salir dichos condensados pero se cierra automáticamente en cuanto entra en contacto con vapor.

Cuando un purgador está en mal estado o no funciona correctamente, deja escapar vapor junto con los condensados. Este vapor va al tanque de condensados perdiendo la energía que posee y produciendo un aumento de presión en el tanque de condensados. Esta presión es eliminada mediante la válvula de seguridad del tanque, que evacúa el vapor a la atmósfera. De esta manera se está malgastando la energía que se le ha dado a este vapor.

Otro aspecto negativo del mal funcionamiento de los purgadores es el hecho de que al escapar vapor se produce una pérdida en la presión del sistema. La reacción lógica del operario será abrir más la válvula de vapor con el resultado de que las pérdidas de vapor y energía aumentan.

En Repsol Gajano se realiza una parada técnica una vez al año, coincidiendo con las vacaciones de verano. Durante esta parada técnica se revisan todas las instalaciones y, en particular, los purgadores del sistema de distribución de vapor. Sin embargo, si existen otros problemas mayores durante la parada técnica, puede ocurrir que la revisión de purgadores no sea hecha en ocasiones todo lo detalladamente que debiera hacerse. Como consecuencia de ello, después surgen problemas de pérdidas de vapor.

Pero, aparte de este mantenimiento preventivo que se lleva a cabo una vez al año, Repsol Gajano puede mejorar el seguimiento continuo del funcionamiento de los purgadores, inspeccionando regularmente los mismos y cambiando aquellos que no funcionen correctamente sin esperar a la parada técnica anual.

Evaluación medioambiental: El mayor beneficio desde el punto de vista medioambiental estriba en el ahorro de energía –gracias al ahorro en el consumo de vapor– que ya se ha descrito para otras opciones y que, por esta razón, no se detalla aquí.

Análisis de rentabilidad: El coste extra que este tipo de opciones supone es mínimo y ello redunda en unos beneficios que en la mayoría de las ocasiones son hasta 10 veces mayores que los costes de trabajo extra y de purgadores nuevos.

