

# ELIMINACION DE RESIDUOS CON PRODUCCION DE ENERGIA

Santiago RIVERO RODRIGO, Dr. I. I.  
Director General de OCINCO

C. D. 628.5

## INTRODUCCION

Dos problemas de la máxima actualidad son: la contaminación y el ahorro de energía. En principio, puede pensarse que se trata de dos asuntos interesantes, pero hay un caso típico en que ambos confluyen: Las instalaciones de incineración de residuos, en las que se producen importantes avances, gracias a los logros de la ingeniería de combustión. El conseguir quemar adecuadamente muchos tipos de residuos y el aprovechar su poder calorífico es algo que simultáneamente resuelve, en muchos casos, ambos problemas.

Se describe la solución encontrada para la eliminación de residuos en una fábrica de plastificantes y anhídrido ftálico y que sin ninguna duda constituye un caso muy interesante. Los residuos a eliminar pue-

den clasificarse en los tres grupos siguientes:

### 1.º *Aguas aceitosas, conteniendo:*

- Aceites lubricantes.
- Plastificantes derivados del anhídrido ftálico.
- Alcoholes con un contenido en carbono entre 4 y 10.
- Hidrocarburos aromáticos y parafínicos.
- Carbón activo.

### 2.º *Aguas que contienen:*

- Acido benzoico.
- Acido maleico.
- Acido ftálico.
- Acido fumático.
- Carbón activo.

### 3.º *Residuos de destilación:*

- Anhídrido ftálico.

Como resumen de lo explicado más adelante, se indica que

el sistema actual de eliminación de residuos tiene un consumo de reactivos que supone seis millones de pesetas anuales. En la instalación que se propone con la nueva solución, se suprimen totalmente los reactivos y se emplean unos dos millones anuales de fuel-oil, obteniéndose la misma cantidad de vapor que se lograría con el mismo gasto de combustible en una caldera convencional.

Por consiguiente, si se contempla la nueva solución desde el punto de vista de instalación de eliminación de residuos, su coste de funcionamiento se reduce a un tercio del actual y, además, se obtiene vapor a 16 kg/cm<sup>2</sup> sin coste adicional (1.000 kg/h) que se consumen en fábrica. Si se considera, desde el punto de vista de instalación de generación de vapor, se produce éste al mismo precio que en una caldera convencio-

nal y de paso se eliminan los residuos sin ningún coste adicional, ahorrando los seis millones anuales de reactivos correspondientes a la solución actualmente en funcionamiento.

### DESCRIPCION DE LA SOLUCION ADOPTADA

Dada la naturaleza de tales residuos y después de considerar diversas alternativas posibles, se ha encontrado que la mejor solución consiste en una **instalación de incineración**, la cual, además de destruir totalmente las materias contaminantes, permite el aprovechamiento del calor residual para producir vapor a 16 kg/cm<sup>2</sup> de presión, que es de total utilidad en la fábrica.

A fin de obtener los datos de partida, se mantuvieron diversas reuniones con el personal directivo y técnico de la factoría, en las cuales se definieron caudales, pesos y naturaleza de los vertidos. Igualmente, se tomaron muestras, a fin de determinar poderes caloríficos y otras características.

Partiendo de estas bases, el departamento de Combustión y Energías Térmicas de OCINCO, S. A., ha desarrollado el anteproyecto de una planta que, en líneas generales, consta de una unidad de incineración, en la cual se produce la destrucción de los productos que contienen las aguas del grupo 2, que llegan al incinerador habiendo sido previamente concentradas.

Los residuos aceitosos de las aguas del grupo 1 son separados y utilizados como combustibles, juntamente con los residuos de destilación. Como estos elementos no son suficientes para la combustión de las aguas del grupo 2, la misma se refuerza con aportación de fuel-oil, tal como se describe más adelante con mayor detalle. Finalmente, se instala una caldera para aprovechamiento del calor residual, obteniéndose vapor a 16 kg/cm<sup>2</sup>.

Por consiguiente, las partes principales de que consta la instalación son las siguientes:

- Separación de residuos aceitosos del grupo 1.
- Evaporador para concentración del efluente del grupo 2.
- Incinerador.
- Caldera de calor residual.
- Instalaciones auxiliares.

Más adelante se describe, con mayor precisión, el funcionamiento de la instalación y de sus distintas partes.

### CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS

#### Aguas aceitosas del grupo 1

Los materiales que arrastran estas aguas tienen una densidad de 600 a 900 g/l. La cantidad diaria de contaminantes oscila entre 300 y 400 kg/día, diluidos en un caudal total de unos 30 m<sup>3</sup>/h.

El poder calorífico del residuo es de unas 6.670 kcal/kg.

#### Aguas del grupo 2

El caudal total es de unos 100 m<sup>3</sup>/día, con una concentración de residuos de unos 50 g/l. La cantidad total de carbón activo que llevan incorporado estas aguas es de 50 kg/día.

El poder calorífico del contaminante se ha estimado en 4.170 kcal/kg.

#### Residuos de destilación

Su producción no es uniforme y puede calcularse en 15 ton/mes. Su poder calorífico es de 5.400 kcal/kg.

Es importante tener presente que solidifica a unos 130° C, lo cual debe ser tenido en cuenta en el proceso de manipulación, a fin de evitar obstrucciones en las tuberías.

### DESCRIPCION GENERAL DEL TRATAMIENTO

Para mayor sencillez en la descripción, se indicará por separado el tratamiento que se da a cada uno de los efluentes, aun cuando finalmente todos ellos son conducidos al incine-

rador, en el cual se produce su destrucción en el proceso de combustión.

#### Aguas aceitosas del grupo 1

El tratamiento que se da a estas aguas consiste en la separación de los elementos contaminantes, que, posteriormente, se queman en el incinerador. De esta forma, la contaminación de las aguas a la salida es de 15 p.p.m. solamente y su p.H. está comprendido entre 5 y 9, por lo que no existe problema para su vertido o recirculación.

Los sistemas de separación del aceite estudiados han sido: decantación, flotación y mediante vacío.

La **decantación**, tanto en un decantador de régimen laminar como en uno convencional, tiene sus inconvenientes, tales como dosificación de reactivos, mala recogida de los aceites, etcétera.

La **flotación** es un método muy bueno, teniendo el inconveniente de que precisa un ajuste muy fino y la regulación es difícil por el diferente tipo de componentes. Se precisa la construcción de unos depósitos de hormigón para su instalación y requiere un equipo caro.

La separación mediante **vacío** tiene un funcionamiento muy sencillo y ocupa poca superficie, se consiguen unos rendimientos aceptables y es más económica que las anteriores.

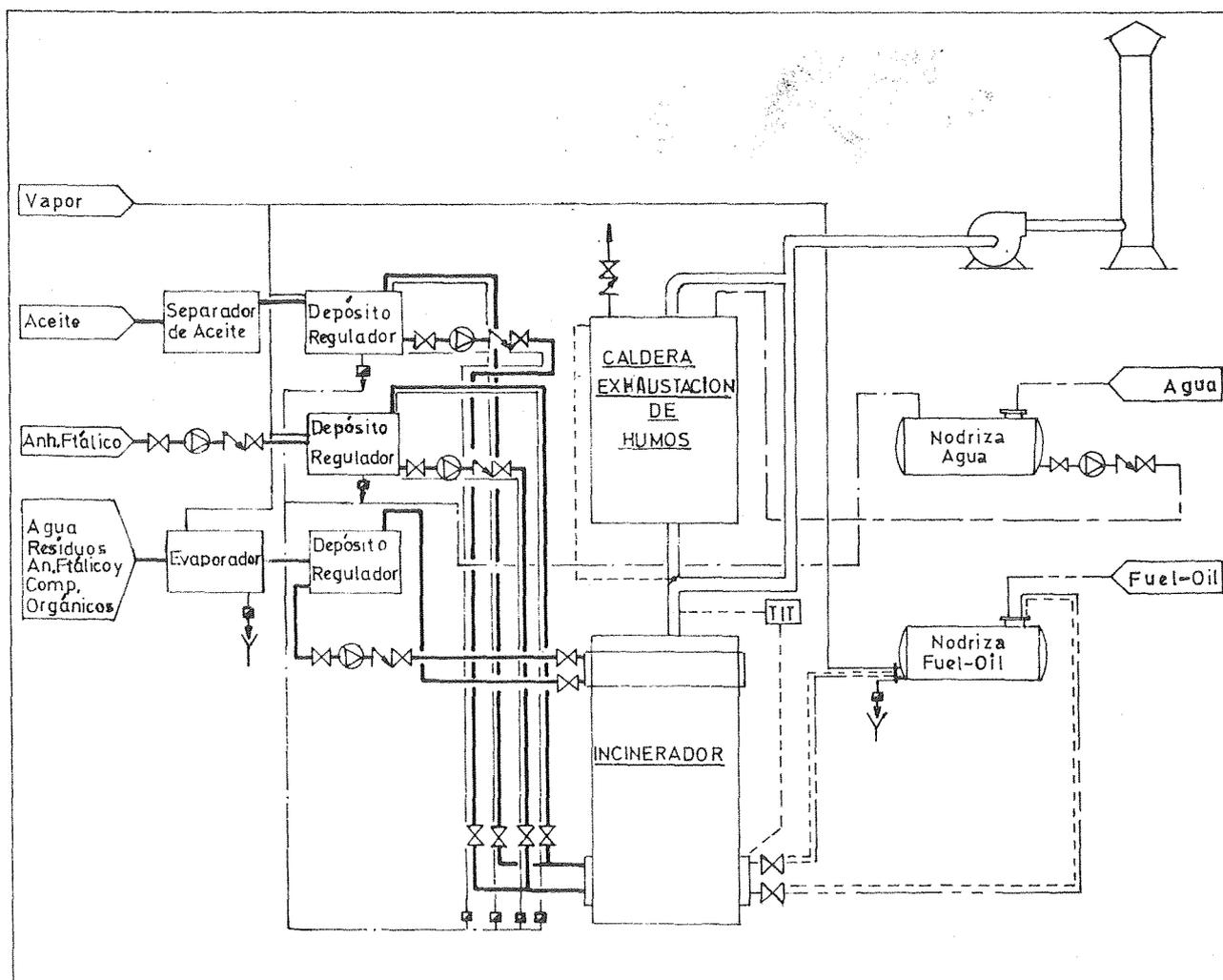
Por lo tanto, el sistema mediante vacío ha sido el adoptado para la separación de aceites y grasas.

Una vez separados los residuos, se conducen hasta el incinerador, donde se queman en un quemador del tipo de atomización, situado en la parte inferior.

#### Aguas del grupo 2

Para destruir los elementos contaminantes previamente al vertido, pueden seguirse dos procedimientos:

- a) **Oxidación** de las aguas, mediante una aireación prolon-



gada o tratamiento biológico.

Este tipo de tratamiento resultaría muy caro: se necesitaría una superficie de terreno de unos 300 m<sup>2</sup> y la obra civil a realizar sería importante y se originaría una gran cantidad de fangos. Por consiguiente, se ha desechado este procedimiento en el caso presente.

- b) **Incineración.** Debido a que los componentes de las aguas son orgánicos y, por lo tanto, combustibles, es perfectamente viable su incineración.

Para que ésta sea más económica (gasto de combustibles menor), se ha pensado en concentrar las aguas en evaporadores, hasta obtener una concentración de 167 a 174 gr/l, aprovechando que en el proceso productivo se origina gran can-

tidad de vapor degradado a 3 kg/cm<sup>2</sup>.

Obtenida dicha concentración, las aguas necesitan, para su completa oxidación, un ambiente comprendido entre 750 y 600° C y lo más pulverizada posible.

Efecto	Coste × 10 <sup>6</sup> ptas.	kg/h de vapor a 3 kg/cm <sup>2</sup>
Simple .....	5,8	3.200
Doble .....	7,2	1.700
Triple .....	12	1.200

En principio, la concentración del agua se puede realizar en evaporadores de simple, doble o triple efecto.

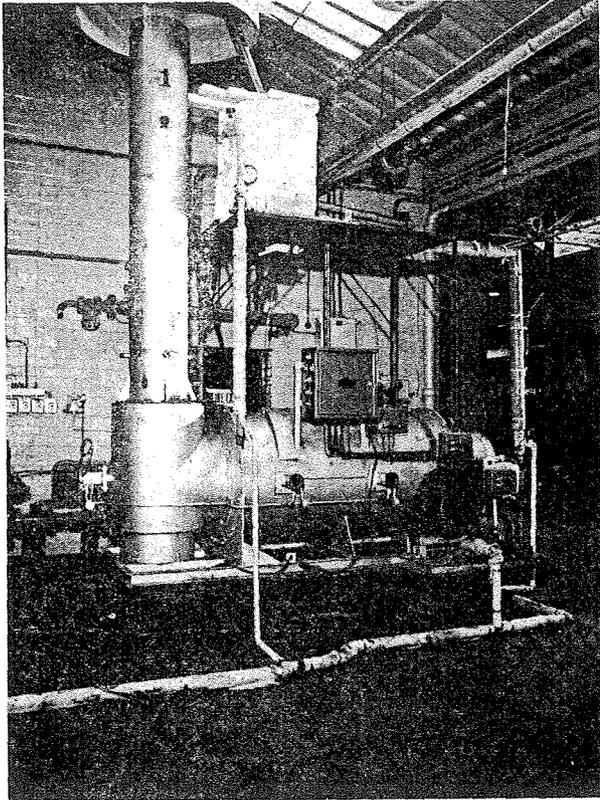
En el cuadro anterior se recogen algunas características.

A la vista de la disponibilidad en la fábrica de vapor, degradado a 3 kg/cm<sup>2</sup>, se ha seleccionado un evaporador de **doble efecto**.

#### Residuos de destilación

El residuo constituido por anhídrido ftálico se trasvasa por bombas entre el punto de recogida y la cuba de recepción. A fin de mantener la fluidez adecuada para el trasvase, la tubería y todos sus elementos, tales como compensadores de dilatación, válvulas, bombeo, etcétera, van encaminadas y calorifugadas para mantener una temperatura no inferior a 170° C.

Finalmente, el citado residuo llega por gravedad, desde la cuba de recepción hasta el incinerador.



## PROCESO DE INCINERACION

Como resumen de lo dicho anteriormente, se indica que los productos que llegan al incinerador son los que se señalan a continuación:

### Grupo 1

- Cantidad: 400 kg/día.
- Poder caloríf.: 6.670 kcal/kg.

### Grupo 2 (residuo acuoso)

- Caudal concentr.: 1.497 l/h.
- Residuos: 167 g/l.
- p.h.: 1,5.
- Poder caloríf.: 4.170 kcal/kg.

### Anhídrido ftálico

- Cantidad: 15 ton/mes.
- Poder caloríf.: 5.400 kcal/kg.

Debido a que el mayor vertido son las aguas del grupo 2, y a que éstas precisan estar un tiempo determinado y a una temperatura determinada (del orden de 700° C), es necesario un combustible auxiliar, que será fuel-oil, para la adición de calor.

El contenido calorífico del residuo acuoso, el alto poder

calorífico de los aceites y del residuo de anhídrido ftálico, reducen el consumo de fuel-oil, necesario para evaporar y quemar el residuo acuoso. El consumo medio se ha calculado en 70 kg/h para un funcionamiento de la planta de 20 h/día.

Los residuos de aceites y anhídrido ftálico se quemarán a través de un quemador de atomización en un incinerador vertical.

El fuel-oil se quemará a través de otro quemador, situado, lo mismo que el anterior, en la parte inferior del incinerador.

Ambos son del tipo de atomización mediante vapor.

El aire de combustión se suministra en los propios quemadores.

El aire secundario se suministra separadamente.

El residuo acuoso se pulveriza en la parte superior de la virola, dimensionada para conseguir el tiempo de retención necesario para la total destrucción por combustión de los residuos.

El caudal de residuo acuoso se fija en relación con el aire secundario y el consumo de fuel-oil, con el fin de proporcio-

nar una temperatura de salida de los gases de 700° C, tal como se ha indicado anteriormente.

El incinerador funcionará automáticamente después de su puesta en marcha.

Todos los motores serán anti-deflagrantes, al igual que los restantes elementos eléctricos de la instalación.

La presión de los diferentes residuos (kg/cm<sup>2</sup>) y del combustible a la entrada del incinerador es:

- Residuo acuoso: 15.
- Residuo anhídrido ftálico: 0,5
- Residuos de aceite y grasas: 0,5.
- Fuel-oil: 6.
- Vapor atomizador fuel oil: 7.
- Vapor atomizador otro quemador: 4.

Los gases saldrán a 700° C, siendo su volumen total de 12.700 m<sup>3</sup>.

## CALDERA DE CALOR RESIDUAL Y GENERACION DE VAPOR

Con la caldera de calor residual de tipo acuotubular, se recupera parte del calor que contienen los gases a la salida del incinerador y se genera vapor saturado a 16 kg/cm<sup>2</sup>, alcanzándose una producción de 1.000 kg/h durante las 20 horas diarias previstas de funcionamiento de la instalación.

Los gases de salida se extraerán mediante un ventilador que venza la pérdida de carga de la caldera y se impulsarán a través de una chimenea de características adecuadas.

Se ha previsto un *by-pass* para el paso de gases, de modo que en caso de no necesitar vapor en la fábrica, los mismos no pasen a través del cambiador de calor y se puedan evacuar directamente por la chimenea. El funcionamiento de todo ello se realizará automáticamente, mediante actuadores neumáticos de cilindro con posicionador, actuando sobre unas válvulas de regulación.

Los conductos de humos, a igual que la chimenea, son de chapa de acero al carbono de

5 mm, recubierta interiormente de hormigón refractario y calorifugada con manta de lana mineral y envolvente de aluminio.

### CONSIDERACIONES ECONOMICAS

El precio total de la instalación montada, contando todo tipo de gastos, incluso ingeniería y asistencia técnica, es de 30 millones de pesetas (precio mayo de 1976).

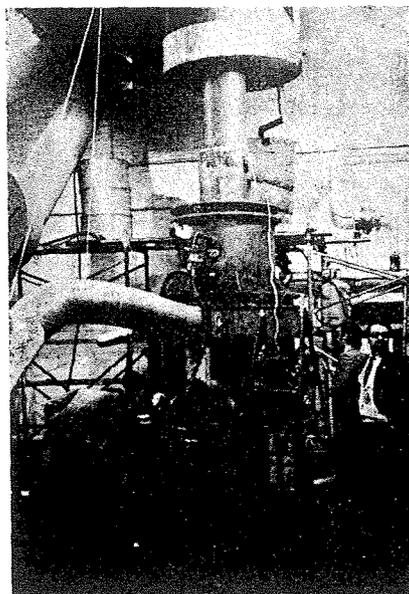
La instalación de incineración, además de resolver el problema de contaminación, tiene la ventaja de su capacidad de producir 1.000 kg/h de vapor a un coste total de 2.033.000 pesetas/año. Por otro lado, al eliminar la necesidad de neutralizar las aguas ácidas, ya que se queman directamente, se produce un ahorro de reactivos cuyo consumo en la instalación actualmente existente se podría estimar en seis millones de pesetas/año a precios actuales.

Asimismo, se consigue una reutilización parcial de las aguas del grupo 1, que se puede estimar en unos 66.000 m<sup>3</sup> anuales, con un ahorro valorado en 330.000 pesetas/año.

Si se quisiese producir la misma cantidad de vapor en una caldera convencional, cuya instalación costaría unos cuatro millones de pesetas, el coste supondría aproximadamente pesetas 2.000.000 anuales. El hecho de que en la instalación de incineración el coste del vapor resulta aproximadamente equivalente, se debe a que en la misma se utiliza el poder calorífico de la combustión de los residuos, pero la instalación tiene un rendimiento menor debido a la fuerte aportación de exceso de aire necesario.

Al hablar de los costes de producción de vapor se ha considerado solamente el consumo de fuel-oil, ya que el coste de la energía eléctrica, aparte de tener una importancia relativamente pequeña, es similar en ambos casos.

Partiendo de estos datos, se ha realizado el estudio del retorno de la inversión según sigue.



#### Costes de la primera instalación

Coste de la instalación completa de incineración, con una capacidad de generación de 1.000 kg/h a 16 atm, incluso gastos de ingeniería y asistencia técnica...	30.000.000
Coste de una caldera convencional para la producción de 1.000 kg/h de vapor.....	4.000.000

#### Costes comparativos de consumos

Consumos anuales para la producción de 1.000 kg/h de vapor en la instalación de incineración:	
a) Fuel-oil.....	2.033.000
b) Reactivos de neutralización...	—
c) Menos consumo de agua.....	—330.000
<b>Total ptas./año....</b>	<b>1.703.000</b>

Consumos anuales con la solución de una caldera convencional de 4.500 kg/h:	
a) Fuel-oil.....	2.000.000
b) Reactivos de neutralización...	6.000.000
<b>Total ptas./año....</b>	<b>8.000.000</b>

Diferencia de costes anuales, ptas./año..	6.297.000
-------------------------------------------	-----------

#### Retorno de la inversión

Más costes en la instalación de incineración, ptas.....	26.000.000
---------------------------------------------------------	------------

Menos gastos de consumo anual, ptas./año .....	6.297.000
------------------------------------------------	-----------

Tiempo de retorno de la inversión: Más costes de la instalación de incineración dividido entre los menos gastos de consumo anual =

$$\frac{26.000.000}{6.297.000} = 4,13 \text{ años}$$

### CONCLUSIONES

El resumen que se incluye a continuación es tan elocuente que no necesita comentarios:

- La instalación se paga ella misma en poco más de cuatro años, debido al ahorro de reactivos de neutralización.
- En los años sucesivos se obtiene un ahorro de 6,3 millones/año (en pesetas de 1976).
- Se evita totalmente la contaminación de las aguas, reduciendo considerablemente los vertidos.
- No se produce ninguna contaminación ambiental adicional, ya que la combustión de los productos orgánicos que se queman no origina más residuos que CO<sub>2</sub>.
- Desaparece el engorroso problema de la manipulación, transporte y vertido de los fangos que se originan en el tipo de tratamiento de depuración que podríamos llamar convencional.

Como consideración final, cabe llamar la atención de que con demasiada frecuencia en una fábrica se consideran los problemas de forma aislada, lo cual, de ningún modo, constituye una buena práctica.

Los distintos aspectos del proceso productivo constituyen de por sí las partes de un mismo conjunto y el tratar de encerrarlos en departamentos estancos es algo, por consiguiente, antifuncional. La gestión de energías es un caso concreto y con demasiada frecuencia se gasta el dinero por partida múltiple, si no se enjuicia la problemática en su conjunto.