

## INCINERACIÓN DE CADAVERES

Toda incineración o cremación produce humos y cenizas, y es obligación del diseñador y fabricante de los equipos estudiar la forma de reducir las emisiones al máximo y del propietario o explotador de la instalación seguir escrupulosamente las normas de funcionamiento dictadas a este fin.

El conocimiento del proceso es fundamental para conseguir diseñar un equipo que produzca el mínimo de emisiones contaminantes.

En el caso de la cremación de cadáveres humanos o restos animales las emisiones esperadas no son, con diferencia, las peores que podemos esperar de una instalación de incineración, sino al contrario.

No obstante, es necesario tener en cuenta una serie de particularidades de la incineración de estos restos. Nos centraremos en el caso de cadáveres humanos y por analogía en restos animales.

En la incineración de cadáveres humanos tenemos tres materiales diferentes a quemar: El féretro, las ropas que visten al difunto y éste propiamente dicho. En el caso de mascotas o restos de animales sólo debemos considerar la bolsa que los contiene, normalmente de PE.

Los fabricantes de féretros ya fabrican cajas especiales destinadas a incineración con un mínimo de agentes potencialmente contaminantes: maderas especiales, barnices al agua biodegradables y posibilidad de retirar antes de la cremación elementos metálicos (crucifijos u otros símbolos religiosos, herrajes, letras...) potencialmente generadores de metales pesados.

Los operadores deberían advertir a los usuarios de la prohibición de que el difunto lleve joyas, relojes, prótesis removibles, etc., y eventualmente realizar un escáner del conjunto, antes de iniciar la cremación para eliminar aquellos productos potencialmente causantes de la generación de humos con metales pesados.

Antes de que se implantaran estas medidas, en los años 60 - 70, los primeros crematorios que se instalaron en España no registraron nunca niveles altos de metales, si bien es cierto que las exigencias medioambientales eran más bajas que actualmente, y la ausencia de metales pesados en los humos era la excusa para permitir la emisión de unos humos desagradables, oscuros y pestilentes, durante una parte de la operación. No obstante, ello es indicativo que la presencia de metales pesados no representa un problema importante, pero estas sencillas precauciones minimizan aun más las posibles emisiones con un costo prácticamente nulo.

Como se ha insinuado el principal problema pueden ser las emisiones de humos y COV's. Para minimizarlas tenemos dos armas importantes: un mejor conocimiento de los procesos que ocurren durante la cremación y grandes avances en el campo de la electrónica que nos permiten controlar el proceso en tiempo real, ajustando los parámetros a las necesidades en cada momento.

Normalmente se siguen dos sistemas para la cremación: Entrar el féretro con el horno caliente o frío. En ambos casos se debería impedir, como ocurre en nuestros equipos **EMISON**, que pueda ser introducida una carga en el horno si la cámara de poscombustión ni está a la temperatura adecuada y no se ha quemado la existente y retirado las cenizas.

Al entrar el féretro en el horno va subiendo de temperatura (más rápidamente si se ha introducido con el horno caliente). Ello provoca la inflamación de los diferentes materiales citados. En primer lugar, el féretro protege el cuerpo de la elevación de temperatura e inicia su cremación. Ello provoca el aumento de las necesidades de oxígeno y la temperatura de la cámara de combustión. Los sensores de temperatura y oxígeno detectan los cambios y actúan en consecuencia para mantener las condiciones óptimas.

Al poco rato el féretro en llamas cae sobre el cuerpo y provoca, de forma casi instantánea, la inflamación de las ropas del propio féretro y del cuerpo del difunto, así como los cabellos. Aquí empezaban antiguamente los problemas pues los equipos de control no eran capaces de regular las cantidades de oxígeno y las temperaturas.

Debemos indicar que en la cremación existen dos cámaras principales, la que llamamos de combustión, donde se introduce el féretro y la de postcombustión, por donde pasan los humos generados para su destrucción térmica.

Los problemas se agravan poco después cuando la elevación de la temperatura del cuerpo provoca la auto cremación del mismo, muy rápida y con abundante emisión de humos. En estas condiciones es necesario disminuir el aporte de oxígeno a la cámara de combustión para evitar que suba mucho la temperatura y se agrave el problema, y aumentarlo mucho en la cámara de postcombustión para quemar los humos producidos y, con el exceso de aire, evitar que la temperatura suba mucho por encima de los 850°C que nos haría aumentar la formación de NOx.

Si el horno incorpora un sistema de eliminación de aguas residuales éste es el momento adecuado para incorporarlas ya que facilitan la refrigeración del horno. Los hormigones utilizados son resistentes al choque térmico, por lo que no sufren deterioro con la aportación del agua.

Actualmente un microprocesador controla todos los parámetros en tiempo real y elimina de forma prácticamente total la emisión de contaminantes a la atmósfera, como se muestra en la adjunta tabla que resume los valores máximos de los contaminantes en algunas legislaciones y los valores medios obtenidos en los análisis realizados por las ECA's o similares durante la puesta en marcha de los últimos equipos **EMISON** instalados.

#### **Estándares de emisiones a la atmósfera para incineradores**

Dado que el sistema de tratamiento finalista que proponemos es la incineración, la legislación española aplicable es la que recoge el Real Decreto 653/2003 sobre incineración de residuos. Transposición de la Directiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de diciembre de 2000.

Asimismo, se debe contemplar la Ley 16/2002 de Prevención y control integrados de la contaminación. Estas leyes son mucho más restrictivas en cuanto a la emisión de contaminantes a la atmósfera o en el agua residual que las existentes en la mayor parte de las legislaciones del resto del mundo, por lo que al cumplirlas cumplimos también las vigentes en todos los países.

En la tabla siguiente indicamos los valores máximos que determina la normativa aplicable, tanto española como europea, para las emisiones anteriores provenientes de incineradoras de residuos Médico-Hospitalarios. En base al cumplimiento de esta normativa se diseñarán los equipos de tratamiento de gases, que proponemos en nuestros equipos.

	<b>Valores máximos exigidos</b>		<b>Valores medios medidos en horno EMISON</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Concentración</b>	<b>Observación</b>	<b>Concentración</b>
Partículas totales	20 mg/m <sup>3</sup>	Valor medio diario	< 5 mg/ m <sup>3</sup>
Material particulado PM 10	10 mg/m <sup>3</sup>	Valor medio diario	< 5 mg/ m <sup>3</sup>
Sustancias orgánicas en estado gaseoso y vapor expresado en carbono orgánico total.	10 mg/m <sup>3</sup>	Valor medio diario	< 5 mg/ m <sup>3</sup>
CO	50 mg/m <sup>3</sup>	Valor medio diario	< 25 mg/ m <sup>3</sup>
HCl	10 mg/m <sup>3</sup>	Valor medio diario	< 1 mg/ m <sup>3</sup>
HF	1 mg/m <sup>3</sup>	Valor medio diario	inapreciable
SO <sub>2</sub>	50 mg/m <sup>3</sup>	Valor medio diario	< 20 mg/ m <sup>3</sup>
NOx (Para instalaciones con capacidad menor a 6	400 mg/m <sup>3</sup>	Valor medio diario	< 100 mg/ m <sup>3</sup>

Tm/h)			
Cadmio + Talio	0,05 mg/m <sup>3</sup>	Todos los valores medidos en un período de muestreo de entre 30 minutos y 8 horas.	No detectado
Mercurio	0,05 mg/m <sup>3</sup>	Todos los valores medidos en un período de muestreo de entre 30 minutos y 8 horas.	Sólo en un ensayo dio positivo. Se supone que el difunto tenía varias amalgamas dentales
Antimonio + Arsénico + Plomo + Cromo + Cobalto + Cobre + Manganeso + Níquel + Vanadio	0,05 mg/m <sup>3</sup>	Todos los valores medidos en un período de muestreo de entre 30 minutos y 8 horas.	No detectado
Dioxinas y furanos	0,1 mg/m <sup>3</sup>	Todos los valores medidos en un período de muestreo de entre 6 y 8 horas	No analizado

Los resultados de las mediciones se deben referir a las siguientes condiciones:

- Temperatura: 273 K
- Presión: 101.3 kPa
- 11 % de oxígeno y gas seco

### OBSERVACIONES

Las partículas totales son una indicación de las cenizas que escapan de la cámara de postcombustión. Un adecuado diseño de la salida disminuye las mismas. Quizás tiene más importancia en índice de opacidad, ya que es el elemento más visible y el que con más frecuencia los deudos ven, y creen que su difunto se “escapa” con los humos. Es el único parámetro que antiguamente presentaba problemas. Actualmente se instala un ciclón para retener las partículas, que, además de reducir la concentración de las mismas y facilitar el trabajo del Venturi terciario, contribuye a la refrigeración del humo para cumplir los requerimientos de ciertas legislaciones americanas que limitan la temperatura de salida del humo.

El carbono total y el CO son una indicación de la eficacia de la combustión. Si se cumplen los parámetros de temperatura, tiempos de residencia y porcentaje de exceso de oxígeno nunca presentan problemas.

Los valores de NO<sub>x</sub>, si se maneja adecuadamente el horno evitando temperaturas excesivas, no son conflictivos. Como sabemos que es una obsesión de los usuarios de los hornos trabajar a temperaturas altas (que no producen ningún beneficio ni en tiempo de combustión ni en eficacia de la misma, antes, al contrario), instalamos un programa en el PLC que, en función de la temperatura alcanzada y la concentración de oxígeno, calcula mediante un algoritmo desarrollado por el departamento de I + D de EMISON la cantidad de metano diamida (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) que es necesario dosificar para eliminarlos.

Ácidos volátiles. Pueden presentarse esporádicamente, pero no es habitual ya que los humos de la combustión tienen normalmente una abundante presencia de carbonatos y bicarbonatos que los neutralizan.

Los valores de SO<sub>2</sub> citados me parecen muy bajos, ya que en las combustiones industriales de permiten valores mucho más altos. Nunca presentan problemas.

Nunca se han detectado metales pesados en las muestras analizadas, excepto en un caso que dio positivo (sin valorar) para el Hg. Se supone que el sujeto tenía varias amalgamas de oclusión dental antiguas que produjeron la emisión del metal. Si esto es cierto es un



problema que se solucionará solo ya que hace más de 30 años que no se utilizan estas amalgamas.

A partir de esta medición y como medida adicional de seguridad se instala en todos nuestros hornos u sistema terciario de depuración por vía húmeda por medio de un dispositivo Venturi, con dosificación de reactivos controlado mediante el PLC. Además de eliminar posibles metales pesados, ayuda al enfriamiento de los gases y reduce drásticamente el material particulado PM 10 y a la remoción de posibles contaminantes no eliminados en los tratamientos anteriores.

El tratamiento produce evaporación de parte del agua utilizada y es necesario realizar una purga constante para evitar que las concentraciones de contaminantes alcancen valores que obligarían al tratamiento del agua. En algunas instalaciones, que incineran más de 6 cadáveres por día puede ser rentable tratar estas aguas en vez de verterlas.

En cuanto a las cenizas existen estudios acerca de su composición que indican que son inocuas y pueden depositarse en casi cualquier parte sin riesgos. En general son entregadas a los deudos para su disposición. Actualmente existe muy poca legislación sobre las obligaciones de los depositarios de las cenizas acerca de su disposición final, y así nos encontramos con abusos como su vertido incontrolado en mar o embalses, ríos, campos... Creo que los legisladores deberían, con la ayuda de los técnicos, estudiar una normativa adecuada.

También debería obligarse a los operadores a que retiren correctamente las cenizas para su procesamiento y entrega a los familiares, pues mi experiencia indica una mala praxis consistente en la entrega de cenizas mal identificadas o clasificadas.

Una buena practica es incorporar al cadáver una placa de arcilla blanda en la que se graban los datos importantes, y eventualmente se incorpora la firma de un deudo para identificarla. Al realizar la cremación la placa se convierte en cerámica, siendo un buen testigo de la operación.

La incineración en serie debería estar limitada a las incineraciones de beneficencia y de personas no identificadas por razones de economía, si bien expreso también, por razones más éticas que técnicas mis reservas a este procedimiento.

Es posible sacar la totalidad de las cenizas producidas incluso con el horno caliente, pero hemos visto muchas veces que después de varias incineraciones todas las cenizas producidas de envían al triturador final y de éste equitativamente a las urnas rotuladas con los nombres de los difuntos para su entrega a los deudos. Deben desterrarse estas malas prácticas.

En hospitales, funerarias o laboratorios forenses se producen restos humanos que deberías ser tratados con el máximo respeto. A este fin hemos puesto en el mercado una serie de hornos [incineradores](#) de pequeño tamaño que permiten evitar, de forma económica, una no adecuada disposición de éstos restos.

Creo que estos apuntes pueden ayudarle en sus decisiones, y estoy a su disposición para ampliar los puntos que puedan no haber quedado suficientemente claros

**EMISON**

Internet : [www.emisonamerica.com](http://www.emisonamerica.com)

Mail : [comercial@emisonamerica.com](mailto:comercial@emisonamerica.com)