

## 1 INTRODUCCIÓN

El objeto del presente proyecto es el diseño de un sistema no catalítico de reducción de óxidos de nitrógeno (SNCR) aplicado a una planta incineradora de residuos sólidos urbanos, mediante la inyección de una solución de amoníaco en la cámara de combustión.

Este sistema hace viable la incineración de residuos, una alternativa como tratamiento de residuos debido al aumento en la generación de basuras.

### 1.1 RESIDUOS

La definición legal de residuo en Europa (Directiva 75/442/CEE) hace referencia a: "Cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o que tenga la intención u obligación de desprenderse". A efectos de su gestión se distinguen en dos categorías: residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos industriales.

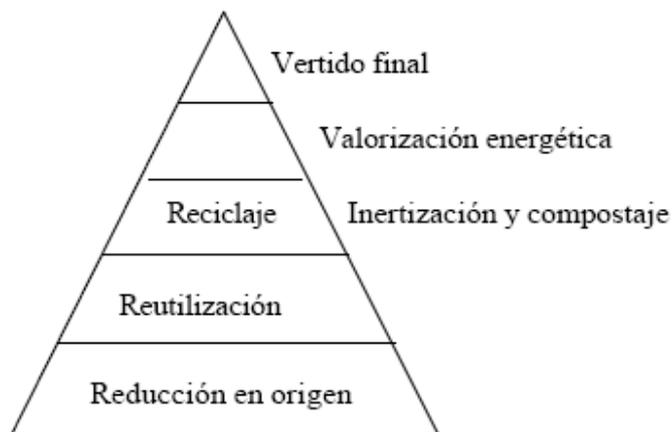
Todos los productos que se fabrican, comercializan y consumen acaban convirtiéndose, al menos en parte, en residuos. Como el consumo es imparable y creciente, la producción de residuos es cada vez más importante y su eliminación es un problema candente que compromete seriamente el desarrollo sostenible de nuestra sociedad. Durante siglos se han ido arrojando los residuos producidos en vertederos sin tener conciencia del problema porque los residuos no eran tan agresivos para la naturaleza y porque su cantidad era relativamente pequeña y asumible. Actualmente el problema se agrava porque producimos cantidades ingentes de residuos, y con características cada vez más contaminantes.

La problemática de la eliminación de los residuos es compleja y no existe una única solución que pueda aplicarse a todos los casos. Las diferentes líneas de actuación se orientan hacia la potenciación de la reducción en origen de los

mismos, la recuperación para su reutilización o reciclaje y la eliminación segura de lo no recuperable. El reciclado o transformación en productos útiles, en algunos casos, resulta económicamente inviable. En muchas ocasiones se aplica una tecnología, que consiste básicamente en encerrar y tapar los residuos, que soluciona los problemas inmediatos pero mantiene el problema latente, al no eliminarlos definitivamente. En otros casos se puede acudir a la eliminación por algún proceso, que produce a su vez residuos, como la incineración.

En la siguiente figura se muestra la jerarquía de prioridades medioambientales

#### GESTION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS



Muchas veces se pone el énfasis en las tres primeras actuaciones, las llamadas 3R (reducir, reutilizar, reciclar). Es indudable que el primer paso en la política de gestión de los residuos debe ser la prevención o reducción en origen, y que para cumplir con sus objetivos es fundamental contar con la participación de los productores y de los consumidores, olvidando de una vez por todas la vieja filosofía de usar y tirar.

La legislación actual sobre el Control y Prevención integrados de la contaminación (IPPC) tiene por objetivo que en la creación de nuevas industrias

o modificación sustancial en las existentes, se empleen las mejores técnicas disponibles para reducir la producción de residuos.

La reutilización, recuperación sin necesidad de tratamiento, y el reciclaje, reprocesado para obtener nuevas materias primas, tienen objetivos muy concretos en los que hay que poner el máximo esfuerzo, pero tienen también limitaciones indudables. Por la propia naturaleza de los residuos, por las posibilidades de reuso, y por las limitaciones sanitarias y económicas, sólo una parte de los RSU puede ser reutilizada y reciclada.

Hay que recurrir pues a otras soluciones complementarias técnicamente aceptables. Así la valorización energética, que no es otra cosa que la incineración con recuperación de energía y el almacenamiento de la fracción final en vertederos controlados son actuaciones totalmente válidas. En los países de nuestro entorno existen modernas instalaciones de incineración, incluso ubicadas dentro del casco urbano de ciudades, plantas que están sujetas a los más severos controles ambientales. Igualmente cuando tras todas las actuaciones técnica y económicamente razonables nos encontramos con unos residuos finales a los que hay de dar acogida segura, los vertederos son la mejor solución final. Evidentemente se requieren emplazamientos y diseños adecuados para que sean seguros, y al final de su vida y tras su clausura definitiva puedan tener una adecuada integración en el territorio.

#### Composición y características:

Se puede decir que la composición de los residuos urbanos es consecuencia de:

- Las características de la población: según sea urbana o rural, tenga principalmente áreas residenciales, sea turística o industrial, etc.

- La época de producción de residuos: el clima y las estaciones influyen en la composición de los residuos.
- El nivel social de la población.
- Los hábitos de consumo de la población.

Características fundamentales de los residuos:

- Densidad
- Grado de humedad
- Poder calorífico
- Relación carbono-nitrógeno

Clasificación:

- Residuos urbanos o municipales: los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan clasificación de residuos peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades.
- Aquellos que figuren en la lista de residuos peligrosos, aprobada en el R.D. 952/1997, así como los recipientes y envases que los hayan contenido. Los que hayan sido clasificados como peligrosos por la normativa comunitaria y los que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en convenios internacionales en los que España sea parte.

## 1.2 TRATAMIENTOS

Por tratamiento se entiende cualquier proceso físico, químico, biológico o térmico, capaz de transformar, destruir, eliminar el carácter tóxico o neutralizar a los residuos. También se consideran tratamientos los procesos que buscan una reducción de volumen de los residuos o un acondicionamiento de los mismos que permita la recuperación, el almacenamiento o el transporte.

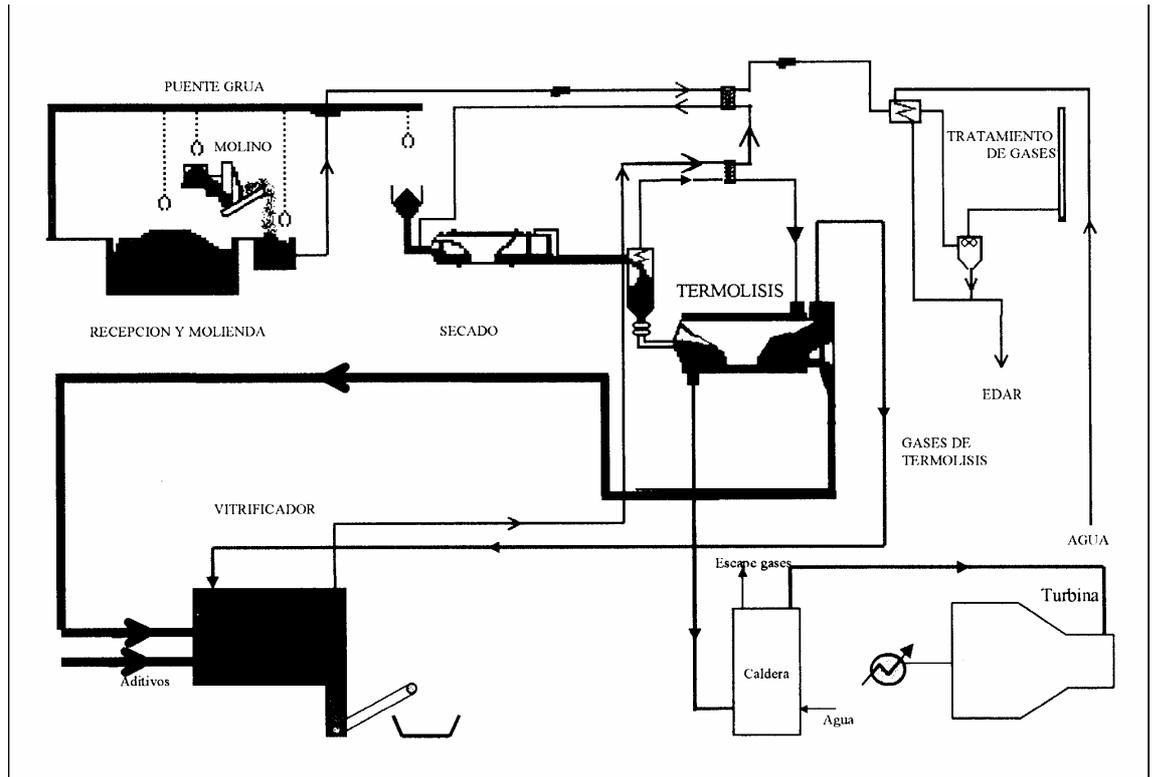
Eliminación se refiere a procedimientos de gestión que no conllevan ningún aprovechamiento, ni de materias primas, ni de energía.

Dentro de los tratamientos se pueden distinguir tratamientos térmicos y biológicos. A continuación se hace una breve descripción de cada uno de ellos.

### 1.2.1 Tratamientos térmicos

Existen varias posibilidades:

- **Pirólisis:** el proceso de pirólisis se lleva a cabo en una atmósfera inerte, normalmente de nitrógeno, a 1 bar de presión y 250-700°C. En los últimos tiempos se han desarrollado una serie de tecnologías basadas en la pirólisis. La de la figura representa una variante de la pirolisis, que toma el nombre comercial de termólisis, el proceso se lleva a cabo a una temperatura que no sobrepasa los 500°C. El esquema reproduce una planta de tratamiento de RDF (residuo combustible del R.S.U.), en la que se pretende cerrar el ciclo de tratamiento.

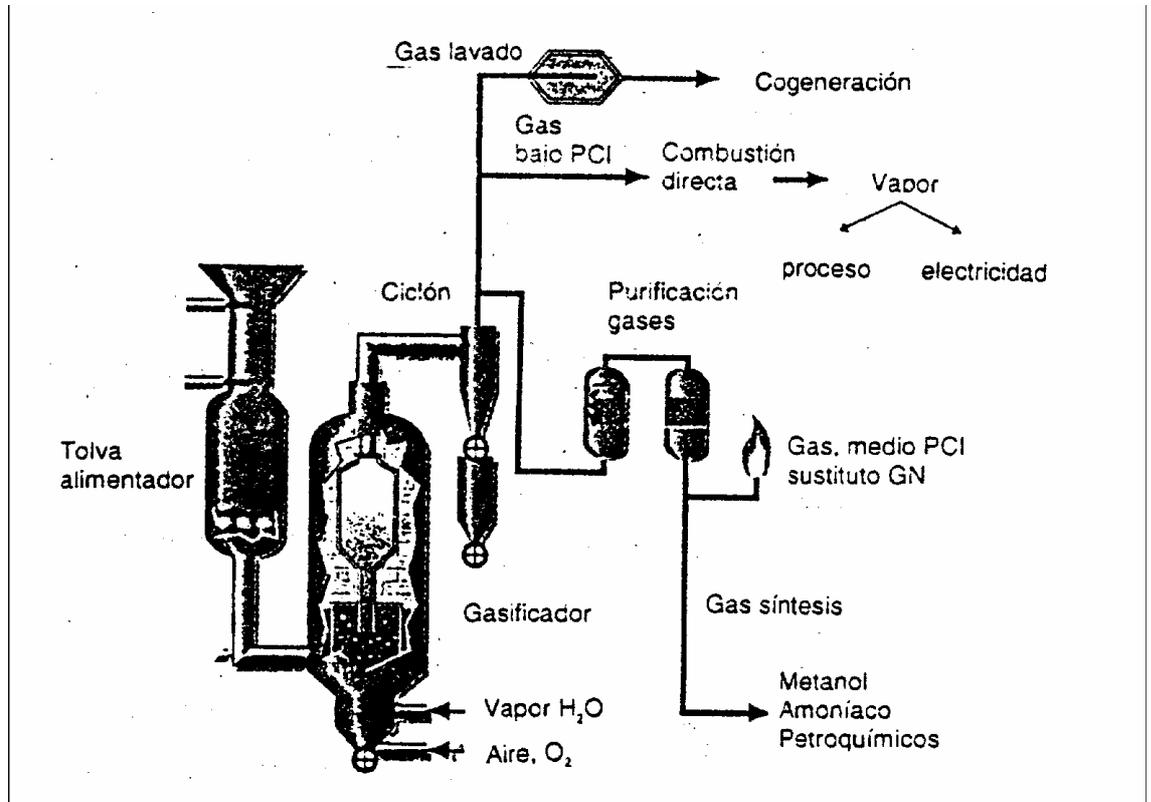


Para ello los gases calientes del termolizador se queman en una caldera en la que se genera vapor y electricidad. La fracción inorgánica del residuo se vitrifica usando como combustible el residuo carbonoso (char) y la fracción líquida, o condensada, de los aceites pirolíticos. Desde el punto de vista de funcionamiento el hecho de trabajar en ausencia de oxígeno es un peligro por cuanto se corre el riesgo de explosión.

Durante la pirólisis, degradación térmica en ausencia de aire, el residuo se descompone en productos sólidos: carbón, alquitrán, líquidos: aceites y gases. Esta distribución varía en función de la temperatura.

- Gasificación: la gasificación ha demostrado ser una de las mejores tecnologías de conversión térmica para la valorización de residuos, o productos, forestales. El proceso tiene lugar en unas condiciones de presión y temperatura de 1-45 bars y 800-1.600°C. El equipo de la figura se compone de una tolva alimentadora y de un

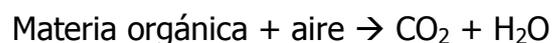
reactor (gasificador) de lecho fluidizado presurizado. La recogida de sólidos se realiza en un ciclón.



Los productos de la gasificación son varios:

- Gas lavado, apto para cogenerar en motor o turbina.
- Gas pobre, para quemar y generar vapor.
- Gas de PCI medio, para sustituir al GN, o bien materia prima para productos: metanol, amoníaco, etc.

- Incineración: es una combustión con exceso de oxígeno.



Las plantas incineradoras son instalaciones en las que se genera un proceso de combustión controlada que finaliza una vez que toda

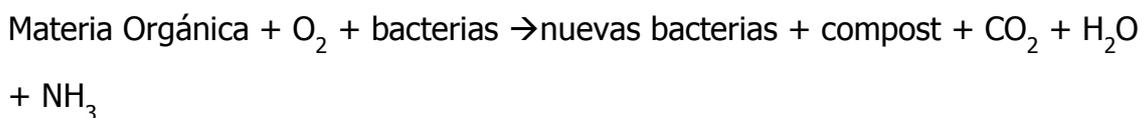
la fracción combustible de los RSU se transforma en material inerte, calor y gases. Mediante la incineración se elimina el 80% de los residuos, y el 20% restante es escoria que se envía al vertedero. Este tratamiento se desarrolla en un capítulo posterior.

Las características a tener en cuenta a la hora de seleccionar un tratamiento térmico son:

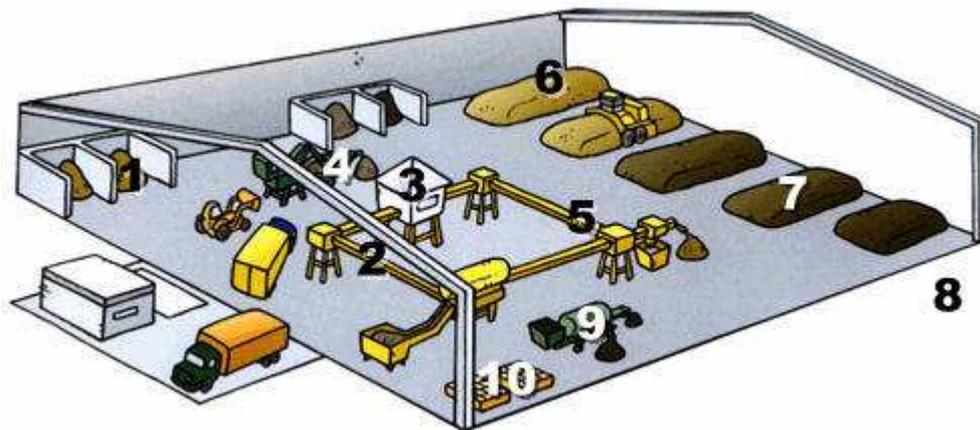
- Variabilidad y composición química de los residuos
  - Composición física de los residuos como por ejemplo la distribución granulométrica.
  - Características térmicas de los residuos, por ejemplo poder calorífico y niveles de humedad.
- Rendimiento y disponibilidad del proceso.
- Composición y calidad de las cenizas.
  - Posibilidad de usar productos procedentes de oxidaciones parciales como son el gas de síntesis o el coke.
  - Establecimiento de los objetivos respecto a los niveles de emisión y selección de un sistema de disminución de emisiones.

### 1.2.2 Tratamientos biológicos

- Compostaje: el compostaje es la fermentación aerobia de la fracción orgánica de los residuos en condiciones controladas de temperatura, humedad y aireación, para producir compost, un producto apto para su uso como fertilizante.



En una planta de compostaje se obtienen además materiales recuperados: plásticos, papel y cartón, vidrio, metales. Tiene un papel muy importante en la política de gestión de los RSU, ya que es el método que presenta mayor potencial de reducción de vertidos. El compostaje, al centrarse en la parte fermentable de los residuos, contribuye a resolver uno de los mayores problemas de los vertederos, la generación de gases, lixiviados y olores. Para una instalación de compostaje es fundamental tener un sistema de recogida selectiva que permita la separación en origen de la materia orgánica para evitar la contaminación del abono orgánico producido por vidrio, plásticos y metales pesados. La venta del producto obtenido no es fácil, por una parte está sujeta a una fuerte estacionalidad, y si el abono es de mala calidad, debido a que está contaminado, es muy difícil que pueda comercializarse con éxito.



1. Recepción de la fracción orgánica de la basura.
2. Trommel.
3. Cabina de selección manual.
4. Recepción de la fracción vegetal y trituración.
5. Mezcla y homogenización.
6. Disposición en pilas.
7. Volteado de las pilas y control de las condiciones ambientales del proceso.

8. Recogida de los lixiviados y de las aguas pluviales.
9. Cribado del compost maduro.
10. Compost.

- Digestión anaerobia: en ausencia de aire, es un tratamiento biológico capaz de producir metano a la vez que compost.

### 1.2.3 Vertedero

En el caso de que la producción de residuos no pueda evitarse y de que las sustancias peligrosas no puedan ser recicladas, tratadas o destruidas, al final, el depósito o vertedero es la última posibilidad en la jerarquía. El método más antiguo y sencillo es verter los residuos en lugares alejados de las zonas urbanas, de forma más o menos controlada. Se han desarrollado diversas tecnologías, que básicamente consisten en extender la basura en capas, compactarla y recubrirla con tierra. Los vertederos controlados son imprescindibles como pulmón y eliminación de los rechazos de los otros sistemas. De todas las opciones de tratamiento de residuos el vertido es la más utilizada.

La legislación actual clasifica los vertederos de residuos en tres categorías:

- Inertes: materiales provenientes de proceso de construcción, materiales de la industria (cenizas volantes, etc.), no peligrosos.
- Residuos no peligrosos: residuos sólidos urbanos, residuos no peligrosos que cumplan criterio de admisión, residuos peligrosos estables (no se pondrán en las mismas celdas que los residuos no peligrosos biodegradables)

- Residuos peligrosos: sólo admitirán residuos peligrosos.

#### Métodos de vertido:

- Método de celda/zanja excavada: este método es idóneo para zonas donde se dispone de una profundidad adecuada de material de cubrición y donde el nivel freático no se encuentre cerca de la superficie. Se colocan los residuos sólidos en celdas o zanjas excavadas previamente en el suelo. La tierra excavada se utiliza como material para la cubrición diaria y final. Las celdas excavadas son, normalmente, cuadradas de hasta 300 metros de largo y ancho, con pendientes laterales de 1,5:1 a 2:1. las zanjas varían desde 60 a 300 metros de largo, de 1 a 3 metros de profundidad y de 4,5 a 15 metros de ancho.
- Método de zona: este método se usa cuando el terreno es inapropiado para la excavación de celdas o zanjas. El material de cubrición tiene que llevarse en camión desde terrenos cercanos.
- Métodos de vaguada/depresión: se han utilizado vaguadas, barrancos y fosas de relleno suplementario y canteras como zonas de vertido. Las técnicas para colocar y compactar los residuos en este método varían según la geometría del lugar, las características del material de cubrición disponible, la hidrogeología y geología del lugar, el acceso al lugar, etc. El control del drenaje superficial es un factor crítico. Normalmente, se comienza el relleno de cada nivel por la cabeza de la vaguada y se termina por la boca, para prevenir la acumulación de agua en la parte de atrás del vertedero. En este método se rellena la zona en múltiples niveles. El método

de explotación es esencialmente el mismo que para el método de zona. El material de cubrición se excava de las paredes o del suelo de la vaguada antes de instalar el sistema de revestimiento. Lógicamente, en algunos casos, no hay material de cubrición suficiente y hay que importarlo.

Un vertedero de residuos sólidos puede asemejarse a un reactor biológico, con residuos y agua como entradas principales, y con gases de vertedero y lixiviado como principales salidas. Se emplean los sistemas de control de gases de vertedero para prevenir el movimiento indeseable hacia la atmósfera, o el movimiento lateral o vertical a través del suelo circundante. Se puede utilizar el gas recuperado del vertedero para producir energía, o se puede quemar, bajo condiciones controladas. Para el control de lixiviados se emplean aislamientos, de manera que minimiza la filtración en los suelos subsuperficiales por debajo del vertedero y la contaminación potencial de las aguas subterráneas.

### CORTE TRANSVERSAL DE UN VERTEDERO CONTROLADO

