



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
Facultad Regional Bahía Blanca

## **Especialización en Ingeniería Ambiental**

### **Trabajo Final Integrador**

***Gestión integral de residuos peligrosos líquidos  
en proceso de incineración en horno de cemento***

#### **Autor**

Ingeniero Ariel Edgardo Mahon

#### **Director o Tutor**

Sartor Aloma

Bahía Blanca, 30 de noviembre de 2022

## **RESUMEN**

El presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo de la gestión integral de residuos líquidos en este caso aceite usado para ser utilizados como combustible alternativo en los hornos de cemento.

Se verifica por medio de la investigación realizada que la planta de cemento es una importante solución para el tratamiento de residuos y que la incorporación de residuos como combustibles se desarrolla en un proceso controlado, que no genera cenizas.

A partir de lo desarrollado se puede llegar a concluir que no cualquier residuo puede ser utilizado como combustible alternativo, el mismo debe tener el proceso de adecuación para cumplir con los parámetros físico/químicos específicos.

Para realizar un consumo del residuo responsable como combustible alternativo donde se minimicen los impactos ambientales la planta debe contar con una instalación apropiada tanto para el almacenamiento del residuo como para la inyección del mismo en el horno como combustible; al mismo tiempo tener equipos de laboratorio adecuados, analizador de gases en chimenea y contar con un sistema de Gestión que obligue a controles periódicos por parte de externos que verifiquen la ausencia de gases tóxicos.

**PALABRAS CLAVES:** residuo aceite usado – gestión del residuo – fuentes de generación – planta de tratamiento - porqué hornos de cemento – muestreo y análisis del combustible – tratamiento y disposición final

## ÍNDICE

OBJETIVO .....	2
OBJETIVOS PARTICULARES .....	2
1. INTRODUCCIÓN AL RESIDUO: ACEITE USADO.....	2
2. COMPOSICIÓN DE LOS ACEITES USADOS Y PRINCIPALES FUENTES .....	3
3. ANTECEDENTES.....	5
4. PLANTA DE TRATAMIENTO .....	6
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	7
4.1 MUESTREO PRECLASIFICACIÓN .....	8
4.2 ACEPTACIÓN/RECHAZO DEL RESIDUO .....	8
4.3 RECEPCIÓN Y DESCARGA.....	8
4.4 ALMACENAMIENTO/DESPACHO.....	8
5. RECEPCIÓN DEL RESIDUO EN PLANTA DE CEMENTO.....	9
5.1 MUESTREO.....	9
5.2 TIPO DE ENSAYO A REALIZAR .....	10
6. INCINERACIÓN.....	12
6.1 PORQUE HORNOS DE CEMENTO?.....	14
7. PELIGROS AMBIENTALES.....	15
8. CLASIFICACIÓN DEL ACEITE.....	17
9. NORMATIVAS .....	18
10. PROGRAMA GLOBAL DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS .....	19

10.1 GESTION DEL ACEITE USADO.....	19
10.2 MODOS DE CONTENCIÓN Y ENVASES .....	20
10.3 TRANSPORTE.....	22
10.4 TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL.....	23
10.5 MINIMIZACIÓN EN LA GENERACIÓN DE ACEITES USADOS.....	25
10.6 CONTROL DE EMISIONES GASEOSAS.....	27
11. CONCLUSIONES.....	30
12. BIBLIOGRAFÍA .....	31

## **OBJETIVO**

Realizar un programa global para minimizar o eliminar los principales impactos ambientales generados por los residuos peligrosos líquidos en el proceso de incineración en horno cementero.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- ✓ Determinar el residuo peligroso utilizado como combustible y su tratamiento.
- ✓ Definir el grado de peligrosidad del residuo líquido.
- ✓ Describir los impactos ambientales asociados y tecnología aplicada en el proceso de incineración.

## **1. INTRODUCCIÓN AL RESIDUO: ACEITE USADO**

La denominación aceite usado comprende a los aceites de origen mineral, que durante el uso perdieron sus propiedades características, volviéndose inapropiados para continuar su utilización con el mismo propósito.

Comprenden a los aceites lubricantes de motores (de vehículos y máquinas industriales), los fluidos hidráulicos y de transmisión, aceites de corte, de transferencia de calor.

La principal generación de aceite usado corresponde a los lubricantes para motores, los cuales cumplen la función primordial de evitar el contacto

directo entre superficies metálicas con movimiento, reduciendo así la fricción y sus consecuencias como son la generación de calor excesivo, el desgaste, el ruido, los golpes y la vibración.

Los aceites lubricantes están constituidos por una base lubricante y una serie de aditivos. Dependiendo del uso del aceite, la base lubricante será mineral (proveniente del petróleo crudo), sintética o vegetal, siendo el uso mayoritario las bases lubricantes minerales.

En la siguiente tabla se presentan valores típicos de composición de los aceites minerales, indicando la función de los diferentes aditivos, los cuáles en términos generales permiten aumentar su rendimiento, eficiencia y vida útil.

<b>Composición media de un aceite lubricante</b>	
<b>Hidrocarburos totales (85 - 75%)</b>	
<b>Alcanos</b>	45-76%
<b>Cicloalcanos</b>	13-45%
<b>Aromáticos</b>	10-30%
<b>Aditivos (15 - 25%)</b>	
<b>Antioxidantes</b>	Ditiofosfatos, fenoles, aminas
<b>Detergentes</b>	Sulfonatos, fosfonatos, fenolatos
<b>Anticorrosivos</b>	Ditiofosfatos de zinc y bario, sulfonatos
<b>Antiespumantes</b>	Siliconas, polímeros sintéticos
<b>Antisépticos</b>	Alcoholes, fenoles, compuestos clorados

*Imagen 1 Composición media de un aceite lubricante*

## **2. COMPOSICIÓN DE LOS ACEITES USADOS Y PRINCIPALES FUENTES**

Los aceites lubricantes usados adquieren concentraciones elevadas de metales pesados como plomo, cadmio, cromo, arsénico y zinc. El origen de estos metales es principalmente el desgaste del motor o maquinaria que lubricó.

Otra fuente de metales es debida al contacto con combustibles, como es el caso de la presencia de plomo proveniente de la degradación del tetraetilo de plomo de las naftas.

Con frecuencia se encuentran solventes clorados tales como tricloroetano, tricloroetileno y percloroetileno, provenientes del proceso de refinación del petróleo y de la reacción del aceite con compuestos halogenados de los aditivos.

Otros contaminantes presentes son el azufre y hollín generados en la combustión.

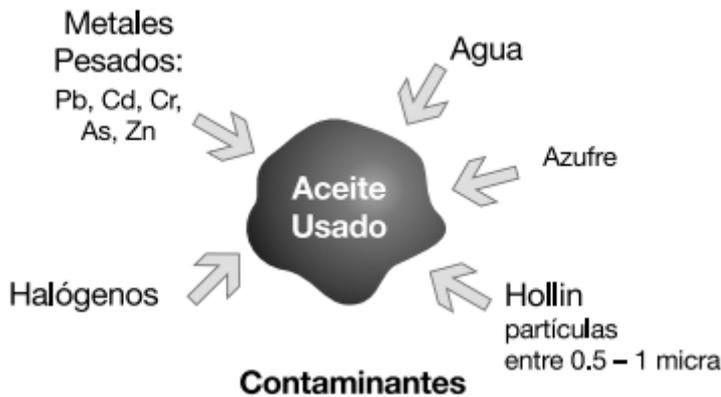


Imagen 2 Contaminantes del aceite usado

La descomposición de los aceites de motor se debe especialmente a una reacción de oxidación. En todos los casos, como consecuencia de su utilización se degradan perdiendo las cualidades que les hacían operativos y se hace necesaria su sustitución, generándose un residuo que puede ser variable en cantidad y composición, dependiendo de la procedencia.

En la siguiente tabla se presenta un ejemplo de la composición de contaminantes presentes en un aceite lubricante usado.

Contaminantes	Concentración (ppm)
Cadmio	1.2
Cromo	1.8
Plomo	220
Zinc	640
Cloro Total	900
PCB's	< 2

Imagen 3 Composición de contaminantes presentes en un aceite lubricante usado

Cabe destacar que la concentración de plomo varía significativamente en función del tipo de combustible utilizado.

Un porcentaje menor es generado por el recambio de aceite realizado por el propio usuario. En el caso de los vehículos se estima una vida útil del aceite lubricante equivalente a los 5000 km, mientras que en los usos industriales depende mucho del uso específico. El parque automotriz genera alrededor del 65% del total de aceite usado generado, mientras que el restante 35% es de origen industrial.

Información sobre sistemas de gestión de aceites usados en la Comunidad Europea reflejan que se pierde durante el uso el 50% de aceite por combustión, evaporación, residuos que quedan en los tanques de almacenamiento, derrames y pérdidas de maquinaria industrial.

## **Principales fuentes de generación**

Las principales fuentes de generación de aceites usados son los talleres de reparación de vehículos, servicios técnicos automotores o servitecas, estaciones de servicio, talleres de cambio de aceite, y empresas de transporte.

Por otra parte, las principales actividades industriales generadoras de aceites usados son: metalúrgica, textil, alimentos, productos de cemento y minería, química, plásticos, construcción de maquinarias, producción de energía eléctrica y electrónica, de vidrio, entre otras.

Los principales tipos de aceites usados, generados corresponden a:

- Aceites para perforar, cortar, lijar.
- Aceites para motores de combustión y sistemas de transmisión.
- Aceites para máquinas y turbinas.
- Refrigerantes y lubricantes sintéticos.
- Mezclas de emulsiones, emulsiones oleosas para perforar y lijar.
- Aceites para rectificadoras.
- Otras mezclas agua-aceite.
- Residuos de separadores de bencina y aceite.
- Lodos provenientes de instalaciones separadoras de aceite.
- Lodos provenientes de la limpieza de estanques y barriles que han contenido aceite usado.
- Residuos acuosos provenientes de la refinación de aceites usados.
- Los generados por el sector comercial - navegación.

## **3. ANTECEDENTES**

Actualmente hay más de 40 hornos de cemento en U.S.A. con permisos gubernamentales para uso de combustibles alternativos.

- A pesar de las cada vez más estrictas reglamentaciones de la E.P.A., el reciclado de residuos industriales en hornos de cemento continúa cumpliendo satisfactoriamente los requisitos legales.
- En Europa la sustitución de combustibles en cemento se utiliza en 12 de los 15 países miembros de la UE y en 1/3 de las 250 instalaciones operativas de fabricación de clínker.
- La sustitución total de la energía térmica utilizada para fabricar cemento en la UE asciende al 10%.
- La sustitución de combustibles en las plantas que lo utilizan oscila entre el 10 y el 30% del combustible total utilizado. Aunque en algunas se llega al 50%.
- En 1998 se elaboró una directiva ampliatoria de la 67/94/CE de incineración de residuos, considerando las ventajas de la industria cementera.

Situaciones según cada país:

- a) Países que han apostado a la solución de las cementeras (Portugal, Noruega)
- b) Países en los que conviven incineradores y cementeras (Francia, Alemania, Inglaterra, Austria)
- c) Países con dificultades para su implementación (España, Italia, Grecia)

## **ANTECEDENTES LOCALES**

- Se trata de una metodología ya probada.
- Actualmente la utilizan las tres cementeras principales del país en 5 hornos.
- La sustitución térmica es de aproximadamente 15 al 30%.
- Se utilizan Combustibles derivados de Residuos Especiales y No Especiales de origen Industrial y Residuos Agrícolas (Cáscaras de Girasol, Maní y borras de Aceites vegetales)

## 4. PLANTA DE TRATAMIENTO: RECYCOMB

Es una empresa dedicada a la valorización térmica de residuos industriales, peligrosos y no peligrosos, en hornos de cemento.

La metodología de tratamiento a utilizar por Recycomb permite la reutilización de los residuos líquidos, pastosos y sólidos como materia prima para la obtención del combustible, un producto de especificaciones controladas para ser utilizado como sustituto parcial del combustible tradicional en el horno de cemento.

Este proceso se desarrolla a través de un sistema de blending, reducción de tamaño y ajuste de la composición.



- **Inicio de Operaciones:** Marzo de 1997
- **Ubicación:** Uribelarrea (a 80km de Bs As y a 20km de Cañuelas)
- **Toneladas de residuos valorizadas:** Más de 500.000 tn
- **Sistema de Gestión:** Integrado "Calidad, Seguridad, Salud y Ambiente"

Foto 1 Planta Recycomb de tratamiento de residuos (2018).

### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El manejo de los fluidos se realiza por medio de bombas que se ajustan a las características de los materiales recibidos, de acuerdo a su viscosidad las bombas utilizadas pueden ser: a diafragma, accionadas reumáticamente, centrífugas, de tornillo excéntrico y a engranaje, que trasvasan el contenido desde el tanque de almacenamiento asignado hasta el tanque de maceración o bien la estación automática que muele el contenido.

Los materiales a granel luego de la inspección y/o muestreo son descargados a los Tanques de Almacenamiento hasta su envío a alguna de las Áreas de Proceso.

El proceso de transformación propiamente dicho se lleva a cabo en el “Módulo de Producción”, siguiendo un proceso batch en dos etapas llamado de “macerado” y de “licuefacción”.

Al tanque reactor de maceración se envía la corriente de sólidos o semisólidos proveniente del molino y se le inyecta la otra corriente de líquidos proveniente de los tanques de diluyentes. Mediante bombas se produce el mezclado y la circulación continua del material hasta lograr la dispersión completa de los sólidos.

En el proceso de licuefacción se alcanza la especificación de la mezcla de acuerdo a lo que establezca el Laboratorio.

Suministrada la aprobación del Laboratorio, el producto es enviado a los tanques de almacenamiento para ser luego enviado por camión cisterna hasta la planta cementera. Esta planta cuenta con un sistema de almacenamiento y mediante un sistema de bombeo de residuo líquido, diseñado especialmente para transporte del mismo desde los tanques hasta su inyección en el Horno en forma concéntrica con gas natural.

¿Qué se obtiene?

Un Combustible líquido bajo especificaciones controladas.

¿Cómo se logra?

A través de un proceso físico basado en mezcla y disminución de tamaño.

## **4.2 MUESTREO PRECLASIFICACIÓN**

Muestreo del residuo. El laboratorio efectúa análisis de Ph, halógenos, densidad, metales, PCBs y PCTs, PBBs, agua y cenizas, para determinar si es compatible con el proceso.

## **4.3 ACEPTACIÓN/RECHAZO DEL RESIDUO**

Al recibirse el residuo se realiza un control previo para asegurar la validez de la información suministrada en el manifiesto. Pueden ser rechazados total o parcialmente.

## 4.4 RECEPCIÓN Y DESCARGA

Aprobadas, las materias primas se almacenan en la playa correspondiente.

## 4.5 ALMACENAMIENTO/DESPACHO

Se almacenan los tambores conteniendo las sustancias a procesar, y los productos terminados en el depósito bajo techo o descubierta. Luego se despachan a planta de cemento en camiones cisterna.



*Foto 2 Despacho de residuo líquido en cisterna ,Planta Recycomb de tratamiento de residuos (2018).*

## 5. RECEPCIÓN DEL RESIDUO EN PLANTA DE CEMENTO

El aceite recibido en la planta de fabricación de cemento se almacena en tanques para luego consumir como combustible alternativo en el horno de producción.

El almacenamiento de aceites usados es una operación que involucra riesgos tanto por su carácter de residuo peligroso como por los hidrocarburos volátiles disueltos en ellos.

Por esta razón se establecen normas y procedimientos básicos que se recomienda implementar para el almacenamiento de los aceites usados, con el fin de reducir los riesgos para la salud humana y para el ambiente.

La planta cuenta con Normas de calidad certificadas (ISO9001, ISO14001 y OHSAS 18000) y con un sistema de Gestión desarrollado a través de los años donde se realizan capacitaciones a todo el personal para lograr concientizar y educar en las áreas de ambiente, calidad y seguridad.



*Foto 3 Tanques de almacenamiento del residuo líquido en planta de cemento (2019).*

## **5.1 MUESTREO**

Se realiza un muestreo del aceite inyectado al horno, una vez por día.

El conjunto de muestras se analiza una vez por semana para realizar el análisis químico.

La muestra es recolectada en un bidón vacío y limpio de 5lts, para luego poder realizar las determinaciones en el Laboratorio de planta con el equipo de rayos X apropiado para el análisis de la muestra.



Foto 4 Sector de descarga de aceite. Punto de muestro (2019).

## 5.2 TIPOS DE ENSAYO A REALIZAR

### Bomba calorimétrica

Equipo utilizado para poder medir el poder calorífico del aceite líquido.

El valor calorífico bruto a volumen constante (QV, gr) se obtiene después de las correcciones para el ácido nítrico y sulfúrico, y presentado en la base determinada.

Estas correcciones se describen en todas las Normas y manuales de equipo.

Determinar el poder calorífico, permite definir el % de consumo de aceite que va a ser inyectado en el horno como combustible alternativo.



Foto 5 Bomba calorimétrica (2018).

Ejemplo de análisis de muestra de laboratorio de Planta:

Día de ensayo	Aceite inyectado	C.V (cal/g)	H %	Muestra
Lunes	4,5 y 6-11	9418,6	9,82	Aceite
Viernes	7,8 y 9-11	8397,7		Aceite

## Método de Karl Fischer

El método de Karl Fischer (Foto 5) solo tiene éxito en el análisis de combustibles residuales con bajo valor de agua; para muestras con alto nivel de agua, el análisis por el método de destilación es más preciso.

La prueba de determinación de agua (método Karl Fischer) está diseñada para determinar el contenido de agua en sustancias, utilizando la reacción cuantitativa del agua con yodo y dióxido de azufre en presencia de un alcohol inferior como metanol y una base orgánica como piridina.



Foto 6 Método de Karl Fischer (2018).

## Determinación de la composición química por XRF

La prueba en XRF se realiza en un portamuestras específico para líquidos y se realiza en una atmósfera de Helio, con cuantificación mediante el programa de análisis semicuantitativo (Foto 6). En el análisis, los resultados se pueden expresar en porcentaje de masa.



Foto 7 Analizador XRF (2019)

Ejemplo de un análisis del aceite utilizado:

Muest	Fecha de muestra	Fecha de análisis	Material	PCS bh (cal/g)	Agua bh (%)	Cloro bh (%)	Pb bh (ppm)	Se bh (ppm)	Zn bh (ppm)	Cd bh (ppm)	Sb bh (ppm)	Ba bh (ppm)	Cu bh (ppm)	As bh (ppm)	Cr bh (ppm)	Ag bh (ppm)
191431	03/07/2019	11/07/2019	ACEITE CONTAMINADO	9875	4	0.11	0.00	7.46	148.00	0.20	0.00	51.40	8.68	0.00	0.00	6.20
191481	09/07/2019	22/07/2019	ACEITE CONTAMINADO	10002	1	0.06	0.00	8.84	164.00	0.02	0.00	61.20	8.37	0.00	0.00	0.00
191483	11/07/2019	22/07/2019	ACEITE CONTAMINADO	10238	1	0.08	0.00	8.84	164.00	0.02	0.00	61.20	8.37	0.00	0.00	0.00
191503	15/07/2019	24/07/2019	ACEITE CONTAMINADO	9569	6	0.11	0.00	8.84	164.00	0.02	0.00	61.20	8.37	0.00	0.00	0.00
191509	17/07/2019	25/07/2019	ACEITE CONTAMINADO	9754	4	0.07	0.00	8.84	164.00	0.02	0.00	61.20	8.37	0.00	0.00	0.00
191711	22/07/2019	16/08/2019	ACEITE CONTAMINADO	9819	4	0.11	0.00	3.02	113.00	0.00	0.00	29.00	1.31	0.00	0.00	0.00
191714	26/07/2019	16/08/2019	ACEITE CONTAMINADO	10127	1	0.09	0.00	3.02	113.00	0.00	0.00	29.00	1.31	0.00	0.00	0.00
191718	30/07/2019	16/08/2019	ACEITE CONTAMINADO	9630	4	0.08	0.00	3.02	113.00	0.00	0.00	29.00	1.31	0.00	0.00	0.00
191723	02/08/2019	19/08/2019	ACEITE CONTAMINADO	9812	4	0.07	0.00	3.02	113.00	0.00	0.00	29.00	1.31	0.00	0.00	0.00
191731	06/08/2019	20/08/2019	ACEITE CONTAMINADO	9805	4	0.10	0.00	3.02	113.00	0.00	0.00	29.00	1.31	0.00	0.00	0.00
191755	09/08/2019	22/08/2019	ACEITE CONTAMINADO	10197	1	0.09	0.00	3.02	113.00	0.00	0.00	29.00	1.31	0.00	0.00	0.00
191762	13/08/2019	22/08/2019	ACEITE CONTAMINADO	10105	1	0.10	0.00	3.02	113.00	0.00	0.00	29.00	1.31	0.00	0.00	0.00
192261	19/08/2019	15/09/2019	ACEITE CONTAMINADO	10107	1	0.10	0.00	42.60	122.00	0.56	0.61	49.40	6.84	0.00	0.00	9.13
192262	23/08/2019	15/09/2019	ACEITE CONTAMINADO	10571	0	0.07	0.00	42.60	122.00	0.56	0.61	49.40	6.84	0.00	0.00	9.13
192263	26/08/2019	15/09/2019	ACEITE CONTAMINADO	10097	1	0.06	0.00	42.60	122.00	0.56	0.61	49.40	6.84	0.00	0.00	9.13
192264	30/08/2019	15/09/2019	ACEITE CONTAMINADO	10099	1	0.07	0.00	42.60	122.00	0.56	0.61	49.40	6.84	0.00	0.00	9.13
192265	13/09/2019	15/09/2019	ACEITE CONTAMINADO	9566	6	0.06	0.00	42.60	130.00	0.49	7.49	47.10	8.62	0.00	0.00	10.70
192266	17/09/2019	15/09/2019	ACEITE CONTAMINADO	9697	3	0.06	0.00	42.60	130.00	0.49	7.49	47.10	8.62	0.00	0.00	10.70

Análisis de aceites procedentes de la planta de procesamiento de residuos, Recycomb (Fuente: Ing. Ariel Mahon, 2019).

## 6. INCINERACIÓN

### Utilización del aceite usado como combustible de hornos.

Se mezcla el aceite con otros combustibles de mayor poder calorífico como el fuel oil para su utilización como combustible sustituyendo a otros combustibles fósiles.

Tiene como aspecto negativo la necesidad de monitorear y controlar las emisiones gaseosas provenientes de la combustión.

Es la forma más clásica de aprovechar el aceite usado una vez tratado.

Con el fin de lograr un buen desempeño como combustible, el aceite usado tratado debe garantizar unas características fisicoquímicas y de calidad como combustible que permitan utilizarlo como un producto con un adecuado desempeño ambiental.

Esto se logra mediante operaciones unitarias de transformación fisicoquímica del residuo como las que señalaron. Actualmente, para su utilización como combustible en calderas y hornos de tipo industrial o comercial, se puede emplear aceite usado tratado mezclado con otros combustibles, teniendo en cuenta los porcentajes máximos de las mezclas y los límites máximos de contaminantes.

Así mismo y para garantizar que se verifique el cumplimiento de esos estándares, se debe realizar cada cierta frecuencia la caracterización del aceite usado tratado en la que se determinen todos los parámetros establecidos.

La toma de muestras y caracterización del aceite usado tratado o sin tratar, deberá ser realizada por un laboratorio que cuente con la capacidad analítica y con el personal idóneo debidamente capacitado.



Foto 8 Quemador principal del Horno (2018)

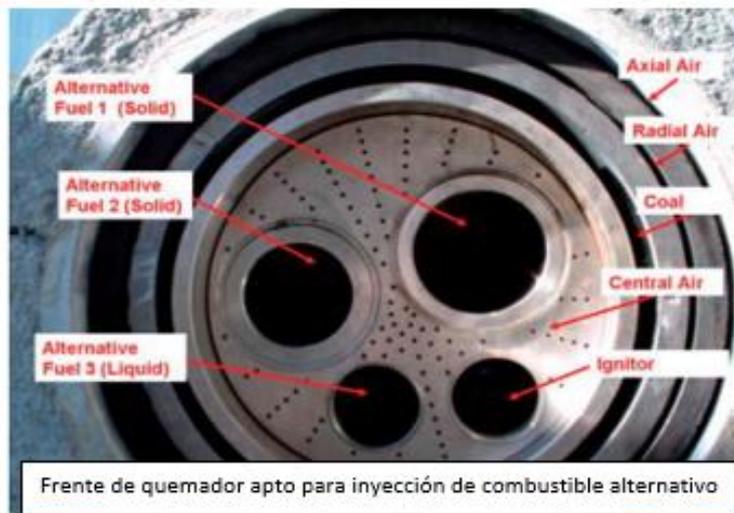


Foto 9 Quemador principal del Horno apto para inyección de combustible alternativo/gas/petcoke (2018)

## 6.1 PORQUE HORNOS DE CEMENTO?

Ventajas de incinerar residuos en hornos de cemento:

- ✓ Muy alta temperatura de llama (1800°C)
- ✓ Excelente estabilidad térmica
- ✓ Altos tiempos de residencia de los gases (6'')
- ✓ Combinación de metales pesados en la matriz cristalina del clínker
- ✓ Alto exceso de Oxígeno en la combustión
- ✓ “Lavado seco alcalino” de gases en torre de precalentamiento del horno
- ✓ Parámetros de funcionamiento “Garantizados”

- ✓ Se reducen las emisiones globales de CO<sub>2</sub> mediante la sustitución de combustibles fósiles por materiales peligrosos que de otra manera se hubiesen tenido que incinerar con sus correspondientes emisiones.
- ✓ La inversión necesaria para adaptar un horno cementero vs. La necesaria para un incinerador específico de residuos es 1 a 10 a favor de la cementera.



Foto 10 Horno de producción de Clinker, planta de cemento Olavarría (2019)

## 7. PELIGROS AMBIENTALES

Algunos de los peligros ambientales que pueden ocurrir son:

### **Contaminación del medio ambiente**

Los incineradores producen humo durante el proceso de combustión. El humo producido incluye gases ácidos, dioxinas cancerígenas, partículas, metales pesados y óxido de nitrógeno. Estos gases son venenosos para el medio ambiente. La investigación ha demostrado que la dioxina producida en la planta es una sustancia química que forma cáncer.

### **Problemas a largo plazo**

La incineración no fomenta el reciclaje ni la reducción de residuos. Esta no es una estrategia calculada para ninguna sociedad. El punto de atención debería ser la reducción de los residuos y el reciclaje de la mayor parte de ellos. La mera quema de la mayor parte de los residuos sin reciclar parte de

ellos no hará sino aumentar el daño medioambiental, ya que puede fomentar una mayor producción de residuos.

### **Residuos de ceniza**

Aunque la ceniza que queda del proceso puede ser comparativamente pequeña en cantidad, contiene una serie de venenos y metales pesados que requieren un tratamiento adicional. Si no se elimina correctamente, puede causar graves daños al público y al medio ambiente.

En éste caso, incineración en horno de cemento, las cenizas quedan retenidas en la matriz cristalina del Clinker (materia prima principal para la fabricación del cemento)

### **Metales pesados**

En los gases de chimenea se emiten metales pesados como el plomo y el cadmio. Muchos de estos metales son persistentes y presentan una gran variedad de impactos adversos en la salud.

### **Partículas**

Cualquier tipo de incineradora emite partículas a la atmósfera, la mayoría de ellas de tamaño ultrafino. Los habituales métodos de control de la contaminación atmosférica en incineradoras, tan sólo impiden que se emita a la atmósfera del 5 al 30% de las partículas “respirables” ( $<2.5\mu\text{m}$ ), mientras que poco pueden hacer con las partículas ultrafinas.

## **Poder contaminante del aceite usado**

### **En el agua**

Produce una película impermeable que puede asfixiar a los seres vivos que allí habitan. Un litro de aceite usado puede contaminar un millón de litros de agua.

### **En el aire**

Si el aceite usado se quema origina importantes problemas de contaminación y emite gases muy tóxicos, debido a la presencia en este aceite de compuestos de plomo, cloro, fósforo, azufre, etc.

### **En la tierra**

El vertido del aceite usado puede perjudicar tanto el suelo como las aguas superficiales y subterráneas, afectando gravemente a la fertilidad del suelo, al alterar su actividad biológica y química.

## **7.1. CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN SEGÚN LA ONU**

### **Clase 9 – Sustancia Peligrosas Diversas**

Incluye sustancias y artículos que, presentan un peligro no cubierto por el encabezado de otras clases. Estos productos tienen propiedades que no se pueden incluir en ningún otro grupo en el sistema de Clases ONU, o que presentan una serie de peligros no relacionados que abarcan a dos o más Clases.

A continuación, parte de la Hoja de Seguridad correspondiente a Aceites usados:

<b>HOJA DE SEGURIDAD</b>		
<b>ACEITES USADOS</b> <b>(Desecho de aceites lubricantes)</b>		
<b>SECCION 1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO QUIMICO</b>		
Sinónimos: No posee. Desecho de aceite lubricante recogido rutinariamente de motores de Gasolina/petróleo durante operaciones de mantenimiento. Líquido café a negro. Constan de aceite derivado del petróleo contaminado con niveles bajos de productos combustibles (partículas de carbón: material orgánico quemado).		
<b>SECCION 2. IDENTIFICACION DE PELIGROS</b>		
Combustibles. No son volátiles. No presentan un peligro significativo para la salud por inhalación. Algunos componentes son peligrosos, incluyendo el tipo de aceite base, además de los hidrocarburos aromáticos polinucleares acumulados. Se debe evitar el contacto prolongado y repetido con la piel. Pueden contener cantidades de aditivos que son irritantes para la piel y los ojos, y posiblemente sensibilizantes.		
<b>SECCION 3. COMPOSICION, INFORMACION SOBRE COMPONENTES</b>		
Mezcla de aceites minerales y aditivos usados. CAS: No aplica		
 <b>3082</b> Sustancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente N.E.P. Contiene Aceite Lubricante usado  Tipo de Residuo según Convenio de Basilea Y8 - Desechos de aceites minerales no aptos para el uso al que estaban destinados		
<b>SECCION 14. INFORMACION SOBRE TRANSPORTE</b>		
Cárguelo solamente en vehículos especialmente equipados para el transporte de sustancias peligrosas. Etiquete adecuadamente los contenedores y manténgalos cerrados. Asegure todos los recipientes del vehículo contra movimiento. No transporte con alimentos, cosméticos, fertilizantes o medicamentos. No lo transporte junto con productos explosivos (clase 1), oxidantes (5.1), corrosivos (8), tóxicos (6.1) Apague el motor cuando cargue y descargue o use equipo eléctrico antichispa. No fume en el vehículo ni a menos de 7.5 metros. Mantenga en el vehículo extintores (tipo K) y materiales absorbentes adecuados. Ubique la carga sobre estibas a por lo menos 10 cm del piso. Cárguelo de tal manera que se evite la mezcla con otros materiales peligrosos en el evento de un derrame. El piso del vehículo debe estar liso. <b>Clasificación de peligro según el Libro Naranja de la ONU: 9 - Peligros varios. (Peligroso para el medio ambiente).</b>		
<b>SECCION 15. INFORMACION REGLAMENTARIA</b>		
SGA:		
 	<b>Atención</b> Nocivo en contacto con la piel, provoca irritación cutánea	<b>Atención</b> Muy tóxico para organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos
<b>SECCION 16. INFORMACION ADICIONAL</b>		

Imagen 4 Hoja de seguridad para aceites usados

## 9. NORMATIVAS

Dentro de la normativa argentina, los aceites minerales usados están catalogados como residuos peligrosos. Los mismos están mencionados explícitamente en la ley 24.051 de Residuos peligrosos, que en su artículo 2 define como tales a “todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.”

Además, quedan incluidos en los anexos I (corriente de desecho Y8 – DESHECHOS DE ACEITES MINERALES NO APTOS PARA EL USO A QUE ESTABAN DESTINADOS) y II de dicha ley (Clase 9 - Sustancias Peligrosas Diversas), que enumeran diferentes tipos de residuos y sus principales características.

Leyes y resoluciones para el residuo seleccionado:

- **Ley 23922 - Desechos Peligrosos Convenio de Basilea**

Sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, suscrito en la ciudad de Basilea (Confederación Suiza).

- **Ley 25675 – Ley general del ambiente**

Define el concepto de “Daño Ambiental” como toda alteración relevante que modifique negativamente el ambiente, sus recursos, el equilibrio de los ecosistemas y los bienes o valores colectivos” y el criterio de “Recomposición” según el cual, el causante será objetivamente responsable de restablecer al estado anterior a su producción (indemnización sustitutiva)

- **Ley 24051 – Residuos Peligrosos**

En cuyos artículos 55 a 58 no vetados, definen la responsabilidad penal por contaminación “Será reprimido con las mismas penas establecidas en el art.200 del CP el que... contaminare... suelo, agua, atmósfera y ambiente en general.”

- **Ley 25612 - Gestión integral de residuos industriales**

- **Resolución 248/10 – Aceites industriales con Base Mineral o Lubricantes**

Aceites industriales con base mineral o lubricantes. Tratamientos y disposición final

(La Plata año 2010)

- **Resolución 468/19 – Aceites usados - Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable**

Define los procesos de eliminación, reciclado, refinado, reutilización y valoración de aceites lubricantes usados.

## **10. PROGRAMA GLOBAL DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS**

### **10.1. GESTIÓN DEL ACEITE USADO**

Para realizar una gestión adecuada de los aceites usados se debe implementar un sistema que integre todas las fases del manejo del aceite, desde su generación hasta su tratamiento final o regeneración.

En el siguiente esquema se presenta un sistema integral de gestión para los aceites usados:

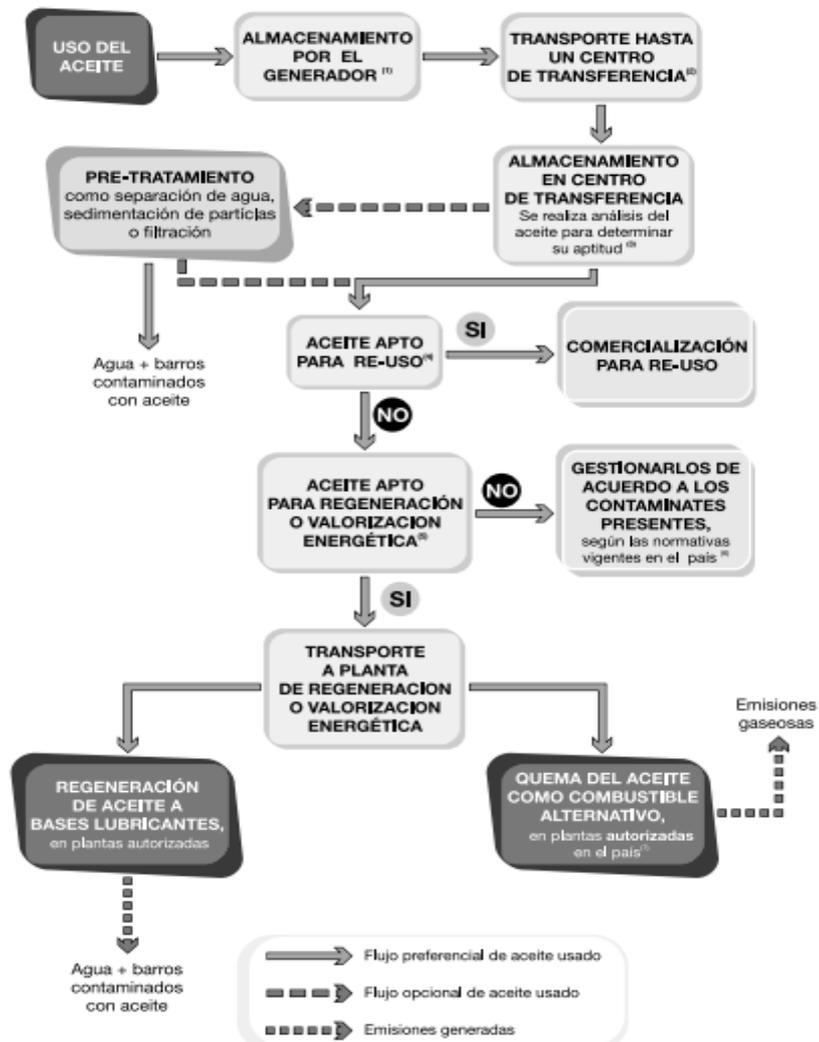


Imagen 5 Sistema Integral de Gestión para aceites usados

El **generador** debe acondicionar y almacenar los aceites usados para ser transportados hasta un lugar de gestión autorizado.

El **transporte** generalmente lo realiza un gestor debidamente autorizado. El transportista deberá utilizar documentos de identificación de la carga y contar con planes de contingencia, así como los elementos necesarios para la atención de emergencias.

En el **centro de transferencia** o centro de acopio se realizan los análisis según las especificaciones establecidas para el tratamiento del aceite, determinando el contenido de humedad, metales pesados, cloruro y material en suspensión. En algunos centros de transferencia se puede realizar el

tratamiento previo para disminución de contenido de agua, material en suspensión y/o metales pesados, de forma de dejarlo apto para el tratamiento posterior o la utilización como combustible alternativo.

En base a los análisis realizados se determina si el aceite está apto para ser ingresado a una planta de regeneración o valorización energética de acuerdo a las especificaciones establecidas según el tratamiento seleccionado.

Si no es posible pre-tratar el aceite para llegar a los límites de especificaciones necesarios para quemarlo en calderas autorizadas, el aceite debe ser tratado en un horno de incineración autorizado.

La responsabilidad de los sistemas de recolección y transporte deben ser trasladados a los fabricantes e importadores del aceite. Estos actores deben instrumentar un sistema de recolección en los centros de distribución y recambio de aceites.

## **10.2. MODOS DE CONTENCIÓN Y ENVASES**

Los envases y sus cierres deben ser rígidos y resistentes para responder con seguridad a las manipulaciones necesarias, manteniéndose en buenas condiciones, sin defectos estructurales y sin fugas aparentes.

Se deben etiquetar en forma clara legible e indeleble, deben permanecer cerrados para evitar el ingreso de agua de lluvia.

El lugar de acopio debe estar acondicionado de forma de contener eventuales derrames y en caso de ser exterior debe contar con un sistema de separación agua aceite.

Almacenamiento en tanques en planta:



*Foto 11 Tanques de almacenamiento del residuo líquido en planta de cemento (2019).*

### **Ejemplo Rol a llevar a cabo ante posibles derrames dentro de planta:**

- Al producirse un derrame, el personal involucrado debe dar aviso en forma inmediata al coordinador de fábrica de turno.
- Identificado el origen del derrame, se deben tomar acciones sobre la fuente generadora del mismo a los fines de evitar que continúe aumentando.
- El coordinador de fábrica de turno a cargo del operativo evalúa el riesgo y determina que elemento de protección personal debe utilizar para la contención del mismo.
- Planifica las tareas para contener el derrame y evitar que se siga extendiendo.
- Se confina el líquido en la fosa o, en caso de no existir, se construye un dique en el lugar con material absorbente.
- Se procede a la limpieza del sector disponiendo en proceso del material absorbente. En caso de ser necesario, se realiza la remoción del terreno.
- Finalizadas las tareas de limpieza y remoción, se dará aviso al responsable SSMA competente de la planta a los fines de recibir

aprobación de finalización de tarea y se deberá llevar adelante la investigación de Incidente.

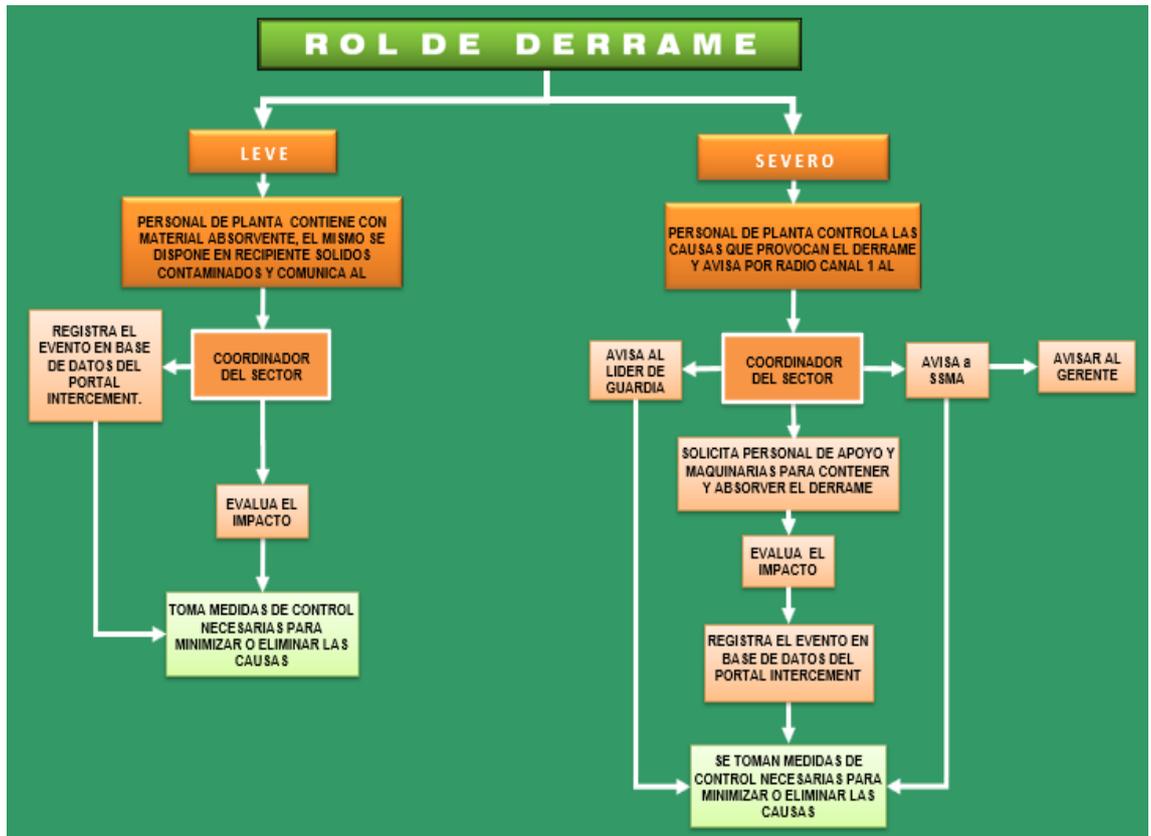


Imagen 6 Diagrama del Rol de derrame utilizado dentro de la planta de cemento



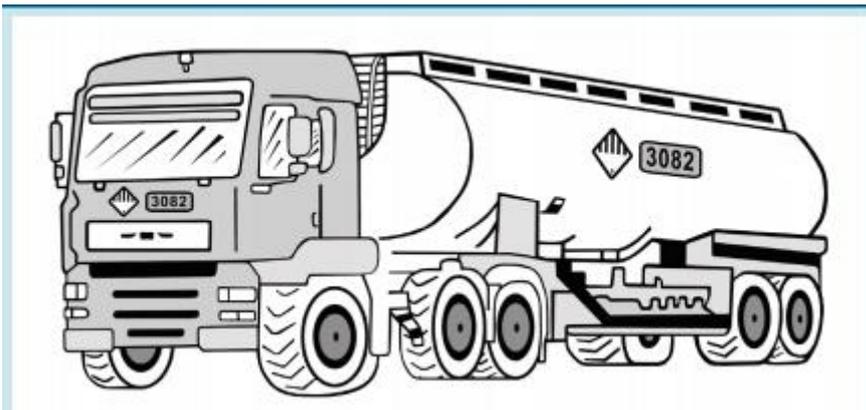
Foto 12 Control del derrame y delimitación de la zona de peligro (2018).

### 10.3 Transporte

## **Vehículos tipo cisterna**

Para este tipo de vehículos se recomienda tener en cuenta las siguientes especificaciones técnicas, ejemplo de algunas:

- Que el tanque sea resistente a la acción de hidrocarburos que garantice la confinación total del aceite usado.
- Que las tuberías, válvulas y mangueras se mantengan en perfecto estado sin presentar filtraciones.
- Que cuente con un sistema de comunicación (teléfono celular, radioteléfono, radio u otro), y su respectiva licencia expedida por la autoridad competente.
- Se debe contar con una bomba para cargue o descargue de aceites usados, de tipo mecánico o manual y de operación centrífuga o de desplazamiento positivo.



*Imagen 7 Vehículo de transporte tipo cisterna*

## **Vehículos para transporte de aceite usado en tambores o tanques con mayor capacidad**

Para este tipo de vehículos se recomienda verificar especificaciones técnicas, se citan algunas:

- Los tambores o tanques de capacidad superior no fijos a la estructura del vehículo, se deben fijar al mismo mediante el uso de dispositivos de sujeción como eslingas, cadenas u otros, garantizando la estabilidad de la carga y del vehículo durante el transporte.

- La carrocería del vehículo debe cerrar y tener piso antideslizante que resista la acción de hidrocarburos y las condiciones climáticas existentes.
- El conductor debe contar con la certificación para el transporte de mercancías peligrosas expedida por un organismo certificador.



*Imagen8 Vehículo de transporte en caso de tambores o maxibidones de residuo líquido.*

## 10.4 Tratamiento y disposición final

Debido al carácter y cantidad de contaminantes que presenta, el aceite usado no puede disponerse como un residuo domiciliario ni cloacal. Por propias condiciones del aceite resulta en extremo agresivo para el agua y la tierra.

Un pequeño volumen tiene la capacidad de contaminar grandes cantidades de agua. Por no mezclarse con ella y ser de difícil biodegradabilidad, no es eliminado en los trenes de tratamiento de agua cloacal ni domiciliaria.

Por otro lado, no se degrada en contacto con la tierra, y en presencia de agua de lluvias provoca lixiviados que llegan a las napas freáticas contaminándolas.

En consecuencia, es imprescindible buscar alternativas para su disposición, tratamiento y/o re uso, dentro de las que podemos enumerar las siguientes:

- ✓ Devolver el aceite usado al productor para su reproceso.
- ✓ Regeneración.
- ✓ **Utilización como combustible de hornos.**
- ✓ Relleno en caminos y autopistas
- ✓ Producción de grasa para la fabricación de jabón.

Todas las alternativas requieren la coordinación de una “Logística Inversa” para retirar el aceite usado de los puntos de cambio, que usualmente se

encuentran atomizados y generan bajo volumen, y transportarlo a los lugares de destino.

Por tratarse de un residuo peligroso, en todos los casos se requiere un monitoreo estricto sobre todo el canal de retiro, transporte y tratamiento o disposición final.

## **10.5 Minimización de la generación de aceites usados**

### **A nivel industrial**

Con el fin de alargar la vida útil del aceite y reducir la cantidad de aceite residual generado, es importante realizar análisis visuales y fisicoquímicos in situ, de tal forma que el aceite sea desechado solamente cuando pierda las características que le confiere el fabricante para su uso como producto.

Se deben incorporar mejoras al desempeño del aceite tales como el uso de aceites sintéticos en algunas aplicaciones, que permitan extender los intervalos de recambio y su resistencia ante agentes externos, reduciendo la generación del volumen de aceite usado.

- Se debe aumentar la vida útil del aceite en los reservorios de los equipos que los utilicen a través de mejoras tecnológicas tales como el reemplazo de respiraderos, puertos de relleno y filtros con mayor eficiencia.
- No se deben mezclar los aceites usados con otros aceites contaminados en los procesos en que han sido utilizados. Esto permite la recuperación de los aceites usados para su aprovechamiento.

### **Ejemplo en el sector automotor:**

- Verificar la necesidad de realizar el cambio de aceite de acuerdo con las indicaciones del fabricante y las características del vehículo o del equipo.
- Comprobar el buen estado de los elementos, recipientes y equipos a utilizar durante la extracción y el cambio de aceite.
- Garantizar que no se presenten derrames o goteos durante el retiro del aceite usado.

- En el área de lubricación, contar con la infraestructura de retiro y recipientes con capacidad suficiente para coleccionar el aceite usado que se retira de los vehículos.
- Verificar que durante el traslado por bombeo del aceite lubricante usado al sistema de transporte externo utilizado no se presenten goteos ni fugas del lubricante.
- Usar aceites lubricantes que garanticen un periodo de uso mayor o alarguen la vida útil del aceite.

## **10.5 CONTROL DE EMISIONES GASEOSAS**

La alta temperatura, las condiciones químicas del proceso y el largo tiempo de residencia en el interior del horno de cemento certifican una completa destrucción de los compuestos orgánicos, que se verifica asegurando una emisión de gases inferior a las 100 ppm de CO.

Los contaminantes contenidos en los residuos, normalmente materiales inorgánicos y metales pesados, quedan ocluidos en el clinker (mineral artificial que se genera en el horno cementero), garantizando que éstos no pueden lixiviar.

### **Filtro de salida de Gases del Horno**

El filtro de mangas ofrece una buena combinación entre un equipo de alta eficiencia, una complejidad media y un consumo energético que si bien es alto, es aceptable para los requerimientos de la industria.

El filtro de mangas es el equipo de separación más ampliamente difundido en la industria, existiendo desde equipos muy pequeños hasta muy grandes como los que atienden a los hornos de cemento.

Descripción del Filtro de mangas:

- ✓ Limpieza por sistema de aire reverso
- ✓ Cantidad de compartimientos: 14
- ✓ Cantidad de mangas por compartimiento: 204

- ✓ Cantidad de mangas totales: 2.856
- ✓ Medida de cada manga: 10 m de largo y 30 cm de diámetro.



*Foto 13 Filtro de mangas de salida de gases del horno en planta de cemento (2019).*

El principio de funcionamiento se basa en el fenómeno de captación de partículas generado por los diferentes efectos tipo Tamiz, inercial o impacto, intercepción y difusivo.

Los gases sucios son forzados a pasar a través de una tela filtrante, siendo el sólido retenido mientras que el gas limpio atraviesa el medio poroso.

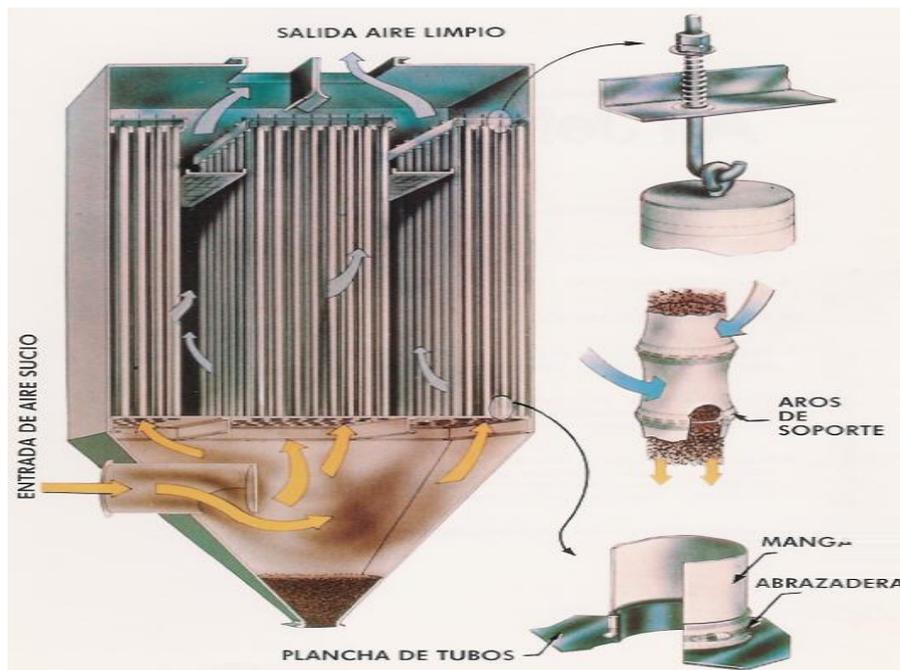


Imagen 9 Interior del filtro de mangas.

## 11. MEDICIÓN DE GASES

La medición de gases se realiza a través de un analizador online el cual determina los distintos gases de salida, el operador del tablero de control puede visualizar a través de la pantalla de la PC el % de los distintos gases de salida y con esos valores ajustar la operación y tomar decisiones.

Existen enclavamientos en el sistema operativo que hacen que superando ciertos límites (por ej de CO, NOx) provoque el corte de combustible de manera inmediata.

Previamente a esto existen alarmas sonoras que dan aviso al operador para poder tomar las acciones adecuadas antes de llegar a esas situaciones.

El analizador recibe las calibraciones correspondientes con la frecuencia solicitada por el proveedor y el mismo también se puede contrastar y comparar valores arrojados midiendo con un equipo manual el cual es operado por personal calificado.

La planta cuenta con las certificaciones de Calidad y seguridad, ISO 9001 e ISO 14001 lo que determina a la realización de auditorías internas/externas que deben verificar el correcto funcionamiento de los equipos con las calibraciones correspondientes.

Proceso en Horno de producción de Clinker:

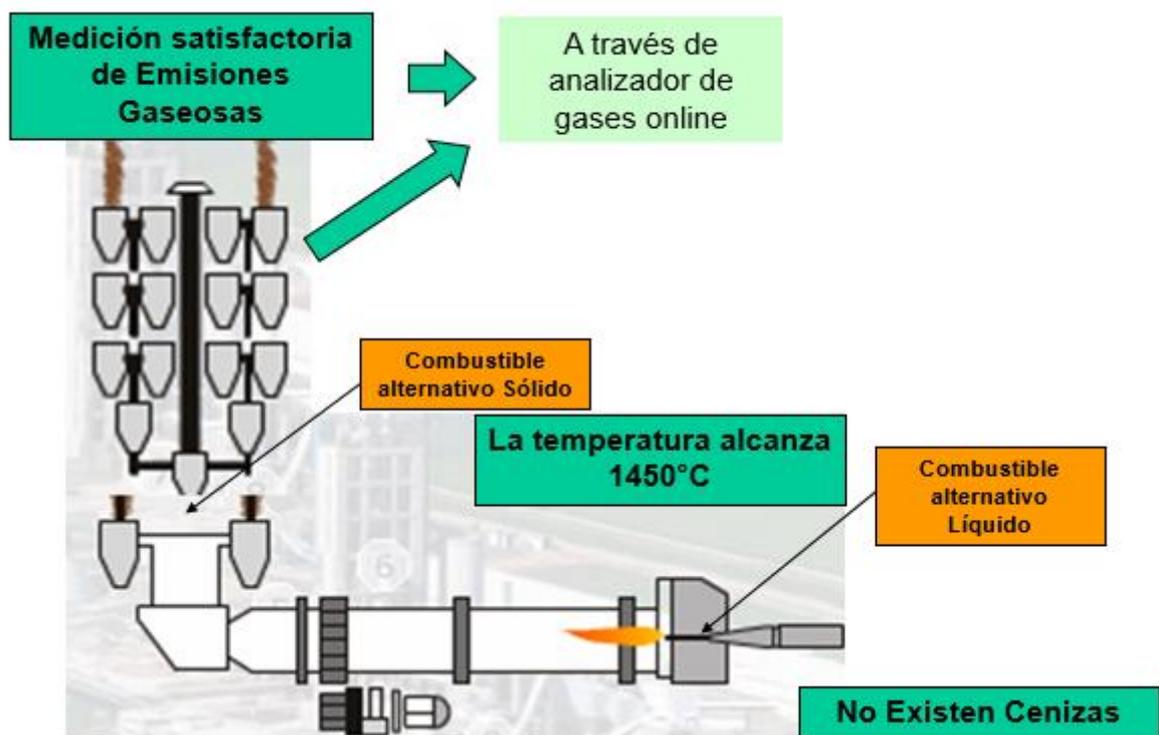


Imagen 10 Proceso en Horno de producción de Clinker.

Equipo manual utilizado para la medición de gases de manera manual por un operador calificado, las mediciones se pueden realizar en los diferentes puntos del circuito antes y en los puntos donde se produce la salida de los gases.

Descripción del analizador manual:

## Set testo 350-35 (O<sub>2</sub>, CO, NO, y NO<sub>2</sub>)



- Unidad de control testo 350, con batería recargable, comunicación Bluetooth y bus de datos testo con caja analizadora, y conexión Bluetooth y USB con PC ([Modelo 0632 3511 71](#))
- Unidad analizadora testo 350 con sensores de O<sub>2</sub>, CO, NO y NO<sub>2</sub>, medición de temperatura ambiente, presión diferencial y velocidad (con tubo Pitot no incluido), preparadora de gases integrada, dilución de todos los sensores con factor 5 y trampa de condensados. Memoria interna de 250.000 valores. Comunicación Bluetooth con Unidad de Control y PC ([0632 3510 71](#))
- Alimentador/cargador 230V 8V / 1A ([0554 1096](#))
- Sonda de combustión hasta 500 °C, 335 mm long., con manguera de alta calidad para mediciones de NO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>, de 2,2 m ([0600 9766](#))
- Bolsa de filtros 10 unidades para sonda de combustión ([0554 3385](#))
- Impresora Testo Bluetooth, incluye alimentador/cargador y 1 rollo de papel ([0554 0620](#))
- Papel térmico para impresora Bluetooth (6 rollos) ([0554 0568](#))
- Cable de conexión de bus de datos testo de 2m ([0449 0075](#))
- Bolsa de 20 filtros para caja analizadora testo 350 ([0554 3381](#))
- Maleta de transporte para testo 350, sonda de combustión y accesorios ([0516 3510](#))

*Imagen 11 Descripción del equipo utilizado para realizar medición manual de los gases*

Datos técnicos, gases que puede medir el equipo:

## Datos técnicos caja analizadora testo 350

	Rango de medición	Exactitud $\pm 1$ dígito	Resolución	Tiempo de reacción $t_{90}$
Medición de $O_2$	0 ... 25 vol. %	$\pm 0.8$ % del f.e.	0.01 vol. %	20 seg ( $t_{95}$ )
Medición de CO (con compensación de $H_2$ ) <sup>*</sup>	0 ... 10.000 ppm	$\pm 5$ % del v.m. (200 ... 2.000 ppm) $\pm 10$ % del v.m. (2.001 ... 10.000 ppm) $\pm 10$ ppm (0 ... 199 ppm)	1 ppm CO	40 seg
Medición de $CO_{bajo}$ (con compensación de $H_2$ )	0 ... 500 ppm	$\pm 5$ % del v.m. (40 ... 500 ppm) $\pm 2$ ppm (0 ... 39.9 ppm)	1 ppm CO	40 seg
Medición de NO	0 ... 4.000 ppm	$\pm 5$ % del v.m. (100 ... 1.999 ppm) $\pm 10$ % del v.m. (2.000 ... 4.000 ppm) $\pm 5$ ppm (0 ... 99 ppm)	$\pm 1$ ppm NO	30 seg
Medición de $NO_{bajo}$	0 ... 300 ppm	$\pm 5$ % del v.m. (40 ... 300 ppm) $\pm 2$ ppm (0 ... 39.9 ppm)	$\pm 0.1$ ppm NO	30 seg
Medición de $NO_2$	0 ... 500 ppm	$\pm 5$ % del v.m. (100 ... 500 ppm) $\pm 5$ ppm (0 ... 99.9 ppm)	$\pm 0.1$ ppm	40 seg
Medición de $SO_2$	0 ... 5.000 ppm	$\pm 5$ % del v.m. (100 ... 2.000 ppm) $\pm 10$ % del v.m. (2.001 ... 5.000 ppm) $\pm 5$ ppm (0 ... 99 ppm)	$\pm 1$ ppm	30 seg
Medición de $CO_2$ (IR)	0 ... 50 vol. %	0.3 vol. % $\pm 1$ % del v.m. (0 ... 25 vol. %) 0.5 vol. % $\pm 1.5$ % del v.m. (>25 ... 50 vol. %)	0.01 vol. % (0 ... 25 vol. %) 0.1 vol. % (>25 vol. %)	10 seg
Medición de $H_2S$	0 ... 300 ppm	$\pm 5$ % del v.m. (40 ... 300 ppm) $\pm 2$ ppm (0 ... 39.9 ppm)	0.1 ppm	35 seg

Imagen 12 Datos técnicos del tipo de gases que se miden y sus rangos de medición

La planta cuenta con especificaciones internas que determinan los límites permitidos para cada uno de los gases, si los mismos superan los límites establecidos se deben tomar acciones correctivas de manera inmediata. El sistema de control cuenta con alarmas para dar aviso previo y que el operador tenga el tiempo suficiente para tomar acciones preventivas en el proceso.

## 11. CONCLUSIONES

A partir de lo desarrollado se puede concluir que no cualquier residuo puede ser utilizado como combustible alternativo, el mismo debe tener el proceso de adecuación para cumplir con los parámetros físico/químicos específicos.

### **Es posible utilizar de manera responsable residuos líquidos como combustibles en la planta?**

Se verifica por medio de la investigación realizada que la planta de cemento es una importante solución para el tratamiento de residuos y que la incorporación de residuos como combustibles se desarrolla en un proceso controlado, que no genera cenizas.

Para realizar un consumo del residuo responsable como combustible alternativo donde se minimicen los impactos ambientales la planta cuenta con:

- Instalación apropiada tanto para el almacenamiento del residuo (tanques de depósito) como para la inyección del mismo en el horno como combustible (cañerías de transporte y quemador con la tecnología requerida).
- Contar con los equipos de laboratorio para poder realizar los ensayos y determinar las especificaciones del combustible requeridas por la planta.
- Analizadores de gases para la determinación de los gases durante el proceso y a la salida de la chimenea.
- Contar con un sistema de Gestión que obligue a controles periódicos por parte de externos que verifiquen la ausencia de gases tóxicos.

Algunos factores detectados que generan limitaciones en el consumo:

- Problemas operativos en la zona de descarga del residuo que hacen factible un posible derrame. Se debe mejorar el mantenimiento de los equipos utilizados (bombas y mangueras de descarga).
- Límites Jurisdiccionales que impiden la aplicación de soluciones a problemáticas provinciales, que no tienen solución dentro del mismo territorio, y pasan a ser un problema Nacional.
- Disponibilidad de Residuos adecuados por falta de segregación primaria, se rechazan residuos por estar "contaminados" con otros residuos.
- Altos Costos de Transporte, es un factor común hoy en día a todas las provisiones tanto de combustibles como de materias primas.

## **12. BIBLIOGRAFÍA**

1. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos, Javier Martínez. 2005.
2. La industria de la re-refinación de aceite mineral usado en Argentina. Gomez/Garcia/Hernandez/Ramirez. 2007
3. Muestreo, ensayos a realizar - Planta Loma Negra. 2019.
4. Nuevo formato aceites usados (Hoja de seguridad). 2013.  
www.ridssso.com

5. Convenio de Basilea. [servicios.infoleg.com.ar](http://servicios.infoleg.com.ar)
6. Resoluciones 468/19 (año 2019) y 248/10 (año 2010).  
[www.opds.gba.gov.ar](http://www.opds.gba.gov.ar)
7. Sistema de gestión de aceites industriales usados en España.  
[Sigaus.es](http://Sigaus.es)
8. Manual técnico para el manejo de aceites usados.  
[acp.com.co/web2017/images/pdf/combustibles](http://acp.com.co/web2017/images/pdf/combustibles)
9. La política de gestión de residuos: aceites usados. 2006.  
Arner/Barberán/Mur.  
[revecap.com/revista/numeros/42/pdf/arner\\_barberan\\_mur.pdf](http://revecap.com/revista/numeros/42/pdf/arner_barberan_mur.pdf)
10. Reproceso y comercialización de aceite lubricante usado. 2011.  
Montero. [www.ucema.edu.ar](http://www.ucema.edu.ar)
11. Manual Técnico para el manejo de aceites lubricantes usados.  
[www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co)
12. Tratamiento del residuo.  
[www.recycomb.com.ar](http://www.recycomb.com.ar)
13. INCINERACIÓN Y SALUD Conocimientos Actuales Sobre los Impactos de las Incineradoras en la Salud. 2001. Michelle Allsopp, Pat Costner, Paul Johnston. <http://archivo-es.greenpeace.org/>

