



MIEMBRO DE LA CÁMARA EMPRESARIA DE MEDIOAMBIENTE 



# **Coprocesamiento de residuos industriales en hornos de cemento Proyecto UARI Unidades de Acondicionamiento de Residuos Industriales**

**Lic. Witold Roman Kopytyński**

**24 de Abril de 2014 – OPDS**

**La Plata, Buenos Aires, Argentina**



# Contexto actual de los recursos energéticos

- La industria cementera en la Argentina ha funcionado siempre en base al gas natural.
- La creciente escasez y los cortes de suministro programados han obligado a buscar fuentes energéticas que permitan continuar la producción en un escenario de fuerte demanda en el mercado nacional.

En este contexto cabe preguntarse:

**¿los desechos no son un  
recurso energético?**

# Generación de RINEs (Tn/año)



en el orden de 400.000 Tn/año

# Principios del uso de los CDR en el coprocesamiento

- El uso de combustibles alternativos no modifica las emisiones del horno si las reglas del arte y las buenas prácticas de ingeniería son tenidas en cuenta.
- No hay emisiones gaseosas adicionales.
- Calidad de productos no cambia.

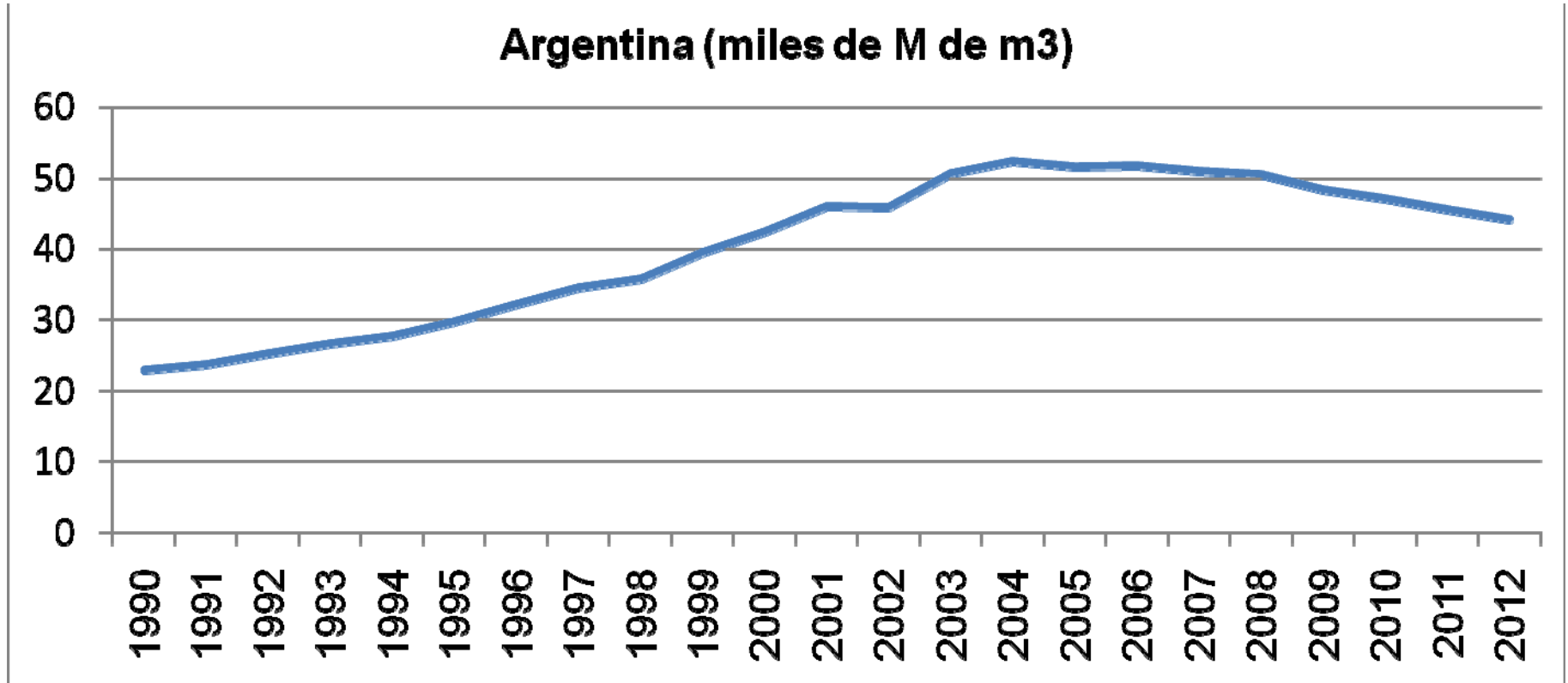
# Consumo diario de un horno

- Entre 300.000 y 376.000 de Nm<sup>3</sup> de gas por día
- Producción entre 4000 y 5200 Tn clinker/día

# Consumo calórico y ahorro

- Kcal/Tn de clinker 730.000
- Tn/año: 1.725.250 (a 5.200 Tn/día)
- % de sustitución diseñada: promedio 35%
- m<sup>3</sup> de gas/año sustituidos: 52\*E6  
(52.000.000)
- Kcal/año economizadas: 4,21\*E11  
(421.000.000.000) (1.670.000 MM BTU)
- Equivalente en consumo doméstico: 58.000 hogares-año

# Producción de gas natural

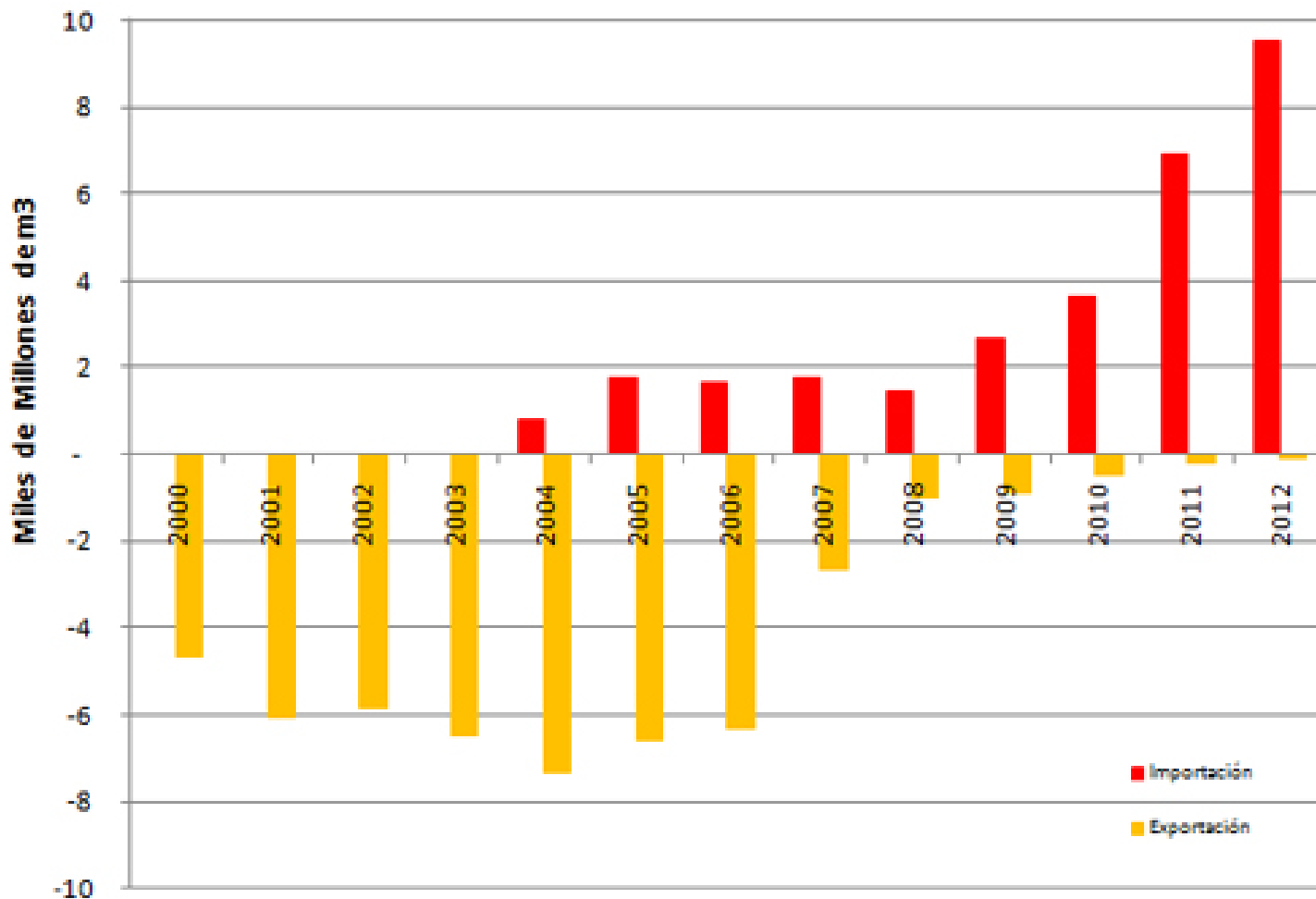


Producción 2012: 43.000 millones de m<sup>3</sup>

Fuente: IAPG



## Importación y Exportación de Gas Natural



Fuente: SIPG- IAPG

Importación 2013 13.000 millones de m<sup>3</sup>

# Costos de gas

- 1.000.000 BTU equivale a 250.000 Kcal
- Gas de importación: 15 USD/millón BTU
- Gas local: 5 USD/millón BTU a la entrada al horno
- Costos de combustibles alternativos, sustitutos o CDR deben ser menores a los del gas natural.

# Composición de los NFU

- La composición promedio de los neumáticos de automotores es negro de humo (28%), caucho sintético (27%), caucho natural (14%), alambre de acero (10%), plastificantes (10%), tela orgánica (4%), aditivos (4%) y otros compuestos (3%).
- El 87% aporta energía.
- La presencia de N orgánico disminuye las emisiones de NO<sub>x</sub>.

	<b>CARBON BITUMINOSO</b>	<b>PETCOKE</b>	<b>NFU MOLIDOS</b>	<b>MEZCLA PETCOKE- CARBON</b>
<b>C(%-húm,seco)</b>	<b>66,6</b>	<b>89,5</b>	<b>87</b>	<b>75,1</b>
<b>H(%-húm,seco)</b>	<b>3,99</b>	<b>3,08</b>	<b>7,82</b>	<b>4,2</b>
<b>N(%-húm,seco)</b>	<b>1,07</b>	<b>1,71</b>	<b>0,33</b>	<b>1,7</b>
<b>S(%-húm,seco)</b>	<b>1,22</b>	<b>4</b>	<b>0,8</b>	<b>3</b>
<b>O(%-húm,seco)</b>	<b>8,85</b>	<b>1,11</b>	<b>1,81</b>	<b>4,9</b>
<b>Ash(%-húm,seco)</b>	<b>18,4</b>	<b>0,5</b>	<b>2,2</b>	<b>11,1</b>
<b>Volátiles(%-húm)</b>	<b>28,3</b>	<b>10</b>	<b>66,6</b>	<b>20</b>
<b>C Fijo (%-húm)</b>	<b>47,9</b>	<b>89,5</b>	<b>31,1</b>	<b>69,2</b>
<b>H<sub>2</sub>O(%-húm)</b>	<b>2,35</b>	<b>1,5</b>	<b>0,73</b>	<b>1,3</b>
<b>LHV(Kcal/kg)</b>	<b>6.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.500</b>	<b>7.100</b>

# Un ejemplo de ReTraE

## Residuos Transformados a Energía

- 120.000 Tn/año de cubiertas equivalen
- 1.020.000.000.000 Kcal/año
- 4.080.000.000.000 BTU/año
- 20.400.000 USD/año (20 USD/Gcal)
- 1.360.000 Tn/año de clinker (al 100%)
- 3.885.714 Tn/año de clinker (al 35%)
- Producción promedio 1.350.000 Tn/año
- Equivalen a la producción de 3 hornos

# Costos de gas vs. NFU

- Importación de gas 2013: 13.000 MM m<sup>3</sup>
- Producción de gas 2012: 43.000 MM m<sup>3</sup>
- Gas importado: 15 USD/ millón de BTU
- BTU a importar 2013: 483.600.000 MM
- Costo total 2013: 7.254.000.000 USD
- Ahorro en CDR: 61.200.000 USD
- % sobre importaciones: 0,85 %
- % potencial sobre total de CDR: 5,5 %

# Proyecto

## **Unidades de Acondicionamiento de Residuos Industriales**

### **UARIs**

MODULOS DE PRODUCCION DE COMBUSTIBLES  
DERIVADOS DE RESIDUOS INDUSTRIALES NO ESPECIALES Y  
RESIDUOS SOLIDOS URBANOS  
PARA LA SUSTITUCION TERMICA EN HORNOS DE CEMENTO  
MEDIANTE EL COPROCESAMIENTO EN LA FABRICACION DE CLINKER

# Marco regulatorio de aplicación

Ley 13592, Dec 1215/10,  
Res 137-138 y 139/13 OPDS

## Dec 1215/10 Anexo Unico

- h) **Tratamiento y/o Procesamiento:** comprende el conjunto de operaciones tendientes al acondicionamiento y valorización de los residuos.
- i) **Acondicionamiento:** operaciones realizadas a fin de adecuar los residuos para su valorización o disposición final.
- j) **Valorización:** todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, mediante la reutilización o por aplicación de métodos y procesos de reciclaje o transformación en sus formas química, física, biológica, mecánica y energética.



# Descripción del proyecto

- Surge como una **alternativa rentable** a la disposición final de los residuos industriales no especiales, **RINEs**.
- El objetivo principal es **acondicionar** los RINEs, de modo de poder utilizarlos ulteriormente como un combustible derivado de residuos (CDR) en hornos cementeros.
- A tal fin se proyecta la **instalación de nodos** de recepción de RINEs en lugares estratégicos y en grandes plantas industriales.

- El proyecto también se realiza en conjunto con operadores dedicados a la recuperación de energía mediante la operación de residuos industriales especiales, no especiales, agroindustriales y urbanos.
- Es integrable a los **Eco-puntos**, centros o nodos de recuperación y reciclado a partir de desechos residenciales y comerciales.
- Permite, por tanto, la **integración** de diversos actores sociales y económicos en un objetivo común de generar recursos energéticos y fuentes de trabajo.

# Operaciones unitarias en las UARIs

- Las operaciones de acondicionamiento de RINEs, son todas aquellas que como el enfardado, compactado, embalaje, envasado, etc., se llevan a cabo para residuos especiales o no especiales.
- En este caso de las UARI se trata de trituración, molienda a un tamaño de 5 cm, y mezclado-granulado final.

- El propósito de la UARI es acondicionar, en planta del generador o en plantas autónomas, residuos industriales con destino a CDR (combustible derivados de residuos) a ser provistos a los hornos cementeros.
- En este sentido desarrollamos la ingeniería básica y lay-out habiendo estudiado los RINEs disponibles, integrando equipamiento y soluciones que responden a las necesidades de la planta generadora, o del área a servir.

# Descripción genérica del CDR

- El CDR es un combustible derivado de residuos no especiales que se prepara mediante la molienda y mezclado de diversos componentes y constituyentes en estado sólido para obtener un material granulado seco y homogeneizado, de un diámetro de hasta 5 cm, con las siguientes especificaciones:
- En la formulación del CDR intervendrán materiales tales como plásticos no clorados, madera y aserrín, textiles, cartones, cauchos no clorados, cauchos naturales y residuos agroindustriales (cáscaras, semillas, polvos, etc).

# ESPECIFICACIONES DE CDR

<b>Tipo de constituyente</b>	<b>Tenor en CDR</b>	<b>Unidad</b>
Poder Calorífico	Mayor 4000	Kcal/Kg
Halógenos	Menor 1	%
Azufre	Menor 5	%
Agua	Menor 35	%
Plaguicidas/Herbicidas	Menor 50	ppm

# Materias primas

- Los desechos industriales, materias primas que integran la formulación, son los siguientes:
  - madera (pallets y otros)
  - plásticos rígidos (PEAD, PP -bidones, envases, objetos diversos, etc)
  - plásticos flexibles (films, envases, bolsas, etc)
  - caucho vulcanizado (scrap de cubiertas de automotores y vehículos, NFU)
  - caucho sin vulcanizar (scrap de producción)
  - telas engomadas
  - cartones y papeles (cuñetes de cartón rígidos, envases y cartones corrugados, etc)
  - telgopor
  - goma EVA
  - textiles varios

# Descripción de la preparación

- La preparación del CDR se lleva a cabo realizando el blending, o mezclado de materiales previamente desmenuzados y molidos.
- El primer paso de proceso es el desmenuzado o shredding, que se llevará a cabo en las trituradoras y/o desmenuzadoras apropiadas para cada tipo de residuo. En este primer paso de proceso se realizará la molienda de residuos industriales no especiales como pallets, plásticos de bidones o envases, cauchos y gomas entre otros.
- En un segundo paso de proceso los materiales son homogeneizados mediante una unidad de mezclado rotativo que permite la total homogeneización de la mezcla. El **CDR** así obtenido será cargado a granel para su despacho inmediato a la planta cementera.

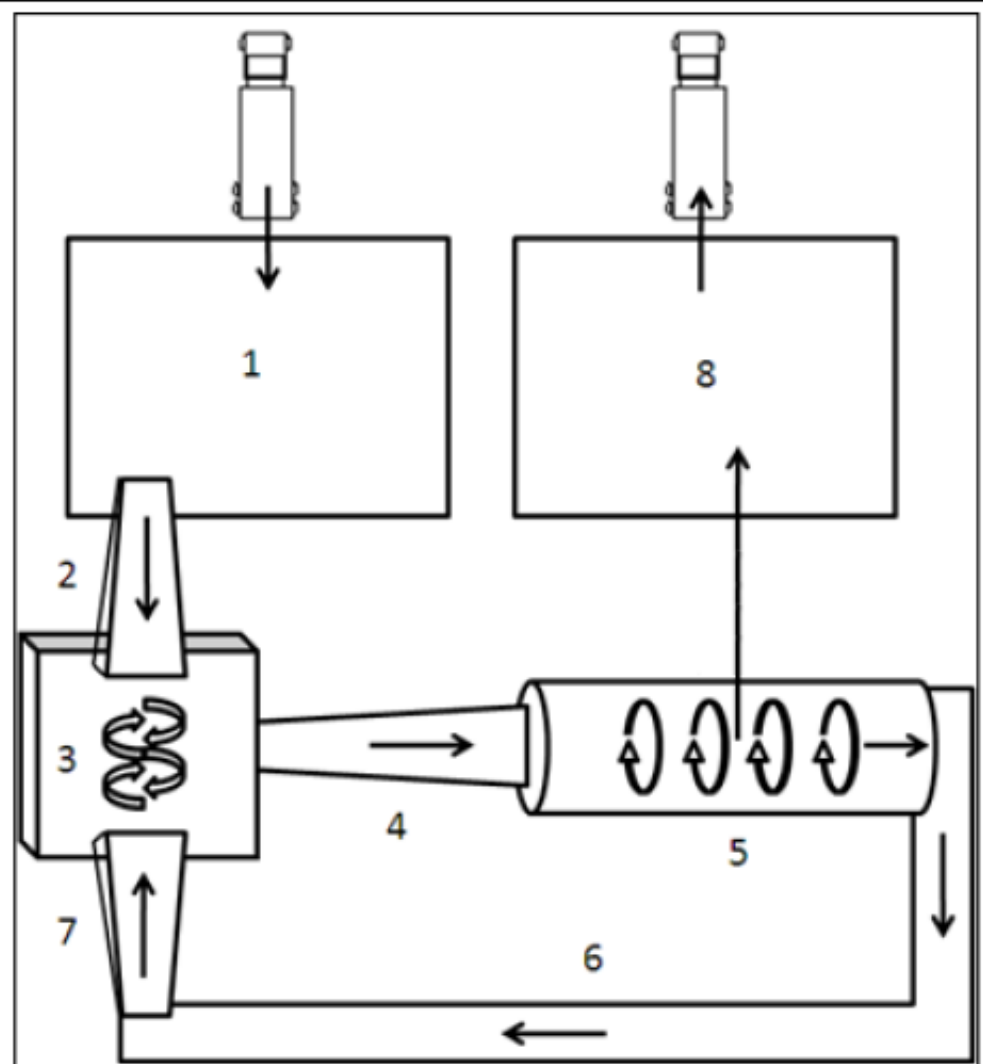


# Supuestos del diseño técnico

- El proyecto aquí presentado se diseña “a medida” para cada localización, según los tipos de RINEs, Tn de generación diaria, disponibilidad de espacio para instalación, etc.
- El concepto de dimensionamiento (capacidad instalada en Tn/h) está fundado en que no se realizan acopios de material, se procesa en forma cuasi-continua y se despacha diariamente (o cada vez que se completa la carga de un camión) lo procesado al horno de cemento.
- En cada localización los equipos necesarios dependerán del tipo prevaleciente de residuos (i.e. goma, madera, plásticos, etc).
- Puede adecuarse a parques industriales, o bien a grandes plantas (i.e. terminales automotrices, neumatiqueras, etc).

# Diseño conceptual de una UARI

- 1 - Descarga MP
- 2 - Cinta de carga
- 3 - Trituradora
- 4 - Cinta descarga
- 5 - Zaranda vibratoria
- 6 - Cinta reproceso
- 7 - Carga reproceso
- 8 - Carga PT



# Dosificación mediante cinta de transporte



# Ingreso al horno



# **ENSAYOS DE COMBUSTION**

## **Realizados desde el año 2000**

**El objetivo de estos estudios es comparar las máximas concentraciones de contaminantes gaseosos asociados a la actividad del horno de la planta utilizando diferentes combustibles alternativos y sustitutos.**

# Ensayos de Combustión NFU

- Abril de 2000 primer ensayo
- El primer ensayo corresponde a no cargar cubiertas como combustible
- Tomando un peso promedio de 9 Kg para cada cubierta, los ensayos 2 a 5 corresponden a los siguientes regímenes de carga: 540, 1080, 1620 y 1720 kg/h respectivamente.

# Ensayos de Combustión NFU

- Noviembre de 2000 segundo ensayo
- Emisiones gaseosas de NOx: 10% al 50% de reducción
- Emisiones gaseosas de SOx: no son afectadas
- Emisiones gaseosas de CO: poca influencia
- Emisiones de particulados: ninguna influencia
- Este estudio muestra resultados coincidentes con la experiencia internacional en el uso de neumáticos como combustible alternativo en hornos de cemento.

# Descripción de los ensayos realizados

- Consistieron en verificar las condiciones de combustión de cada tipo de combustible.
- Se compararon también con determinaciones quemando gas natural solamente, para obtener datos de referencia.
- Se mencionan en esta presentación a efectos de resaltar que los combustibles alternativos a base de residuos especiales cumplen con los requisitos técnicos y legales.
- **Los CDR por tanto, y con mayor razón, ya que no poseen constituyentes peligrosos.**



# Objetivos de los ensayos

Los ensayos realizados estuvieron dirigidos a verificar los siguientes aspectos:

1. El cumplimiento de los límites fijados por el Decreto 3395/96 en cuanto a las emisiones gaseosas de los gases de chimenea, mediante la corrida del modelo de dispersión en tercera etapa.
2. Verificar que los constituyentes especiales de los combustibles líquido y sólido quedaran incorporados a la matriz del clinker y que por tanto no lixivian.

# Conclusiones

- Se han realizado, durante los ensayos de combustión de las nuevas composiciones de combustibles alternativos y sustitutos, determinaciones de emisiones de diferentes contaminantes en la chimenea del horno de la planta en estudio.
- En todos los casos estudiados se han obtenido resultados satisfactorios, cumpliendo con los valores regulados por el Dcto. 3395/96.