

06



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CATALIZADOR PARA LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN LOS HORNOS ALFAREROS DE LA REGIÓN DE SOGAMOSO

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A CATALYST FOR THE REDUCTION OF ATMOSPHERIC EMISSIONS IN THE POTTER OVENS OF THE SOGAMOSO DISTRICT

Curtidor Luis, Ing. Metalúrgico

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

lcurtidor@sena.edu.co

Lozano Luis, Ing. Metalúrgico

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

llozanor@sena.edu.co

Bernate Juan, Químico, jbermate@sena.edu.co

RESUMEN

El centro Minero propuso el desarrollo de un catalizador para disminución de emisiones de flúor emitidas a la atmosfera por los hornos alfareros del municipio de Sogamoso, para las pruebas correspondientes del catalizador se diseñó y construyó un horno prototipo a escala, teniendo en cuenta las variables operativas de un horno tipo túnel.

Se evaluaron arcillas de la región para la determinación de sus componentes o fases mineralógicas presentes mediante técnica de DRX con el fin de evaluarlas para realizar mezclas optimas que permitieran disminuir las emisiones de flúor a la atmosfera; para el carbón se realizaron análisis inmediatos de acuerdo a las normas NTC 1872, NTC 2018, NTC 1859, ASTM D 5016, NTC 2075, el poder calorífico se dedujo a partir del contenido de cenizas para la verificar que sea un carbón térmico, este se extrajo por muestreo en canal de acuerdo a la NTC 2713 en la mina didáctica del Centro Minero Sena Regional Boyacá.

Las muestras de gases fueron realizadas con equipo isocinético en la chimenea del horno prototipo. Después de la evaluación del catalizador, se evidenció que generó una reducción apreciable en el contenido de HF de las emisiones del horno (método EPA 26).

Palabras clave: Catalizador, Flúor, Arcilla, horno.

ABSTRACT

The Mining Center proposed the development of a catalyst to reduce fluoride emissions emitted into the atmosphere by pottery kilns in the municipality of Sogamoso, for the corresponding tests of the catalyst, a prototype scale oven was designed and constructed taking into account the operational variables of a tunnel type furnace.

Clays from the region were evaluated for the determination of their components or mineralogical phases present by DRX technique in order to evaluate them for optimal mixtures that allowed to reduce the fluoride evacuated into the atmosphere, for the coal, immediate analyzes were carried out according to the NTC 1872, NTC 2018, NTC 1859, ASTM D 5016, NTC 2075 standards, the calorific value was deduced from the ash content to verify that it is a thermal coal, this is extracted by channel sampling according to NTC 2713 in the didactic mine of the Sena Regional Boyacá Mining Center.

Gas samples were performed with isokinetic equipment in the chimney of the prototype oven. After the evaluation of the catalyst it was evident that it generated an appreciable reduction in the HF content of the furnace emissions.

Keywords: Catalyst, Fluorine, Clay, furnace





1. INTRODUCCIÓN

Las empresas del sector de alfarero se han venido multiplicando debido a la gran demanda de productividad requerida por las construcciones, la industria cerámica e incluso del de los productores de fertilizantes y de otros productos químicos asociados con la arcilla; de hecho, es importante resaltar la calidad y abundancia de los yacimientos de arcillas ubicados en el territorio nacional. No obstante, la investigación, innovación y el desarrollo de nuevos productos con base en arcillas es limitado. En efecto, el centro minero tiene un gran número de requerimientos para asesoría, capacitación y acompañamiento en control y optimización de procesos para la obtención de mezclas, prensado, secado, maduración, temperatura de cocción, grado de vitrificación y control de calidad, entre muchos otros, los cuales permiten el diseño de nuevos productos. Igualmente, es ampliamente conocido el impacto ambiental procedente de la industria alfarera debido a los procesos y tecnología utilizada. Así mismo, la formación impartida por el centro en las áreas asociadas con las arcillas se está viendo afectada debido a obsolescencia e inexistencia de los equipos adecuados para el beneficio de las mismas.

El proyecto presenta una alternativa de tecnología limpia para el sector alfarero con la implementación de filtros fabricados a partir de las materias primas que se procesan en la región; también se pretende que con el tiempo los empresarios puedan realizar mantenimiento y ajuste de variables operacionales y en un futuro construyan sus propios filtros. Entendiendo que la contaminación por flúor en las emisiones atmosféricas generada por los hornos alfareros es una gran problemática que afecta el medio ambiente y por ende a la comunidad, el Centro Minero propuso el diseño y construcción de un catalizador a partir de las materias primas utilizadas para la fabricación y cocción de productos cerámicos.

Para las pruebas correspondientes del catalizador se diseñó y construyó un horno prototipo a escala teniendo en cuenta las variables operativas de un horno tipo túnel.

Se analizaron arcillas de la región para la determinación de sus componentes o fases mineralógicas presentes con el fin de evaluarlas para realizar mezclas óptimas que permitieran disminuir el flúor evacuado hacia la atmosfera.

Se fabricó un filtro catalizador tipo heterogéneo con las arcillas ricas en zeolitas debido a su alta reactividad retener elementos contaminantes como el flúor y el cloro, ya que estos elementos contribuyen al efecto invernadero de la atmosfera según lo menciona (Conesa, Juan, 2008) en su estudio Emisión de dioxinas y furanos a la atmosfera en el sector cementero.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó muestreo de las arcillas en varias zonas de la región de Sogamoso en especial en las dedicadas a la explotación, beneficio y transformación para la fabricación de productos cerámicos. Las arcillas utilizadas para la fabricación de los ladrillos de prueba fueron caracterizadas mediante la técnica de difracción de rayos X con el equipo GNR Europe 600 XRD (Fig. 1) con un cátodo de cobre (Cu-K α) 1,5418740 una potencia de 39,99 kV y 15 mA, con ángulo de incidencia de 10° a 70° y un tiempo de integración de 8".

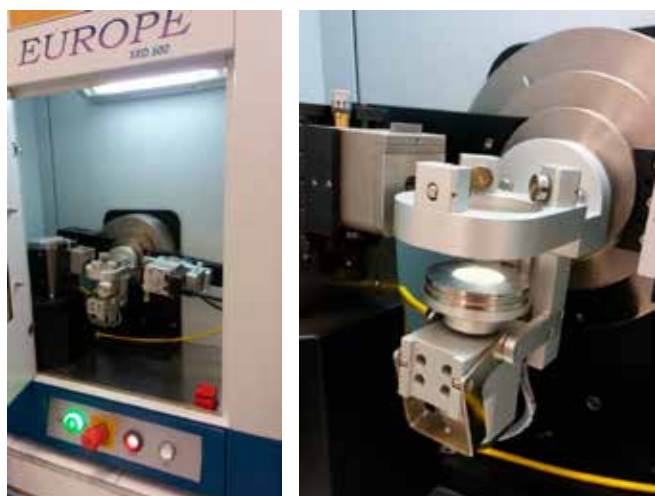


Figura 1 Difractómetro de rayos X, Fuente: Autores

El catalizador se diseñó y elaboró con lámina de acero calibre 15, se moldeó mezcla de arcillas (1000 g de amarilla pantanitos bajo, 400 g de verde-gris pantanitos bajo, 400 g de morada batá bajo y 200 g de rosada pantanitos alto) para la sección de limpieza de gases (Fig. 2).

Después de someter a secado los componentes de limpieza de gases se ingresan a la mufla y se programa la velocidad de calentamiento de acuerdo a la siguiente tabla 1:



Figura 2 Moldeo sección lavado de gases, Fuente: Autores

Tiempo H	Tª Inicial °C	Tª Final °C
9:00 - 9:30	70	100
9:30 - 10	100	200
10 - 10:30	200	400
10:30 - 11	400	600
11 - 11:30	600	800
11:30 - 12	800	1000
12 - 12:30	1000	1100
12:30 - 1	1100	1100
1 - 1:30	1100	1100
1:30 - 2	1100	900
2 - 2:30	900	600
2:30 - 3	600	300
3 - 3:30	300	100
3:30	Apagar horno	

Fuente: Autores

La programación de cocción se asemeja a la utilizada en los hornos alfareros industriales, con un precalentamiento inicial, seguido por la cocción la cual se sostiene la temperatura máxima de una a dos horas y un enfriamiento lento (Fig. 3).

Luego de enfriadas las piezas se inspeccionan y rectifican sus detalles como orificios y canales de circulación de agua.



Figura 3. Cocción de prototipos a escala en mufla, Fuente: Autores

Los componentes de lámina del filtro catalizador (Fig. 4) fueron unidos mediante proceso de soldadura SMAW



Figura 4 Componentes de lámina del catalizador, Fuente Autores

Los pellets fueron fabricados de acuerdo al siguiente procedimiento con los resultados de análisis por difracción de rayos X, se seleccionó una arcilla que presentara en su composición la fase o el compuesto, con alto porcentaje de zeolitas y facilidad de suministro para la elaboración de cuerpos o lechos adsorbentes o catalizadores, para atrapar el flúor contenido en los gases producto de la cocción de productos cerámicos industriales.

Se eligió la arcilla BLANCA BATA BAJO, por su alto contenido de zeolitas y por su cercanía en suministro, el cual se encuentra geológicamente acompañando la formación arcillosa que se está explotando actualmente en los sectores de Pantanitos Alto y Malvinas.

Se realizó la preparación de la arcilla BLANCA BATA BAJO, en la cual se incluyó el secado, tritución y pulverización a malla 60 (250 micras).

Se pesaron 3 kilogramos de arcilla y 1 kilogramo de salvado de trigo y se agregó agua hasta el punto de moldeado, observándose una mezcla aglomerable y fácilmente moldeable.

Se elaboraron pellets o bolas manualmente de aproximadamente 2 cm de diámetro (Fig. 5)

Se sometieron a secado al aire libre durante cinco días

Se elaboraron cajas metálicas para facilitar la cocción de los pellets en horno mufla

Se calcinaron los pellets a diferentes temperaturas 500 y 900° C, para escoger la temperatura de calcinación ideal y obtener pellets calcinados con poros y libres de desintegración o de fácil desmenuzamiento



Figura 5. Pelletes calcinados

El carbón utilizado como combustible para el horno prototipo se analizó teniendo en cuenta las normas NTC 1872, NTC 2018, NTC 1859, ASTM D 5016, NTC 2075

Para la evaluación de los gases se realizó muestreo con equipo isocinético compuesto por una consola de control, una caja fría, cordón umbilical y sonda para la toma de muestras, teniendo en cuenta los métodos EPA 26 y 26A (método no isocinético) para la determinación de fluoruros (HF) y cloruros (HCl) antes y después de instalado el filtro, tomándose dos muestras para evaluar la reducción de HF y HCl en las emisiones atmosféricas de la chimenea del horno prototipo.

3. RESULTADOS

En la tabla 2 se muestran los resultados del análisis de las muestras de arcillas por técnica de difracción de rayos X

Item	Arcilla	Compuestos	Formula Química	%		
1	Blanca Bata Bajo	Quartz	SiO ₂	22		
		Kaolinite 1A	H ₄ Al ₂ O ₉ Si ₂	10		
		Illite	H ₂ Al ₂ ,59Ca _{0,01} Fe _{0,04} K _{0,71} Mg _{0,15} Na _{0,01} O ₁₂ Si _{3,27}	35		
		Kaolinite 2M	H ₄ Al ₂ O ₉ Si ₂	11		
		Zeolite CIT-5	O ₆₄ Si ₃₂	3		
		Zeolite COK-5	O ₁₄₄ Si ₇₂	7		
		Zeolite CIT-5	O ₆₄ Si ₃₂	3		
		Kaolinite	H ₄ Al ₂ O ₉ Si ₂	32		
		2	Amarilla pantanitos Bajo	Quartz	SiO ₂	68
				Kaolinite 1A	H ₄ Al ₂ O ₉ Si ₂	11
Goethite	H ₁ FeO ₂			2		
Nacrite 4M	H ₄ Al ₂ O ₉ Si ₂			11		
Malladrite	F ₆ Na ₂ Si ₁			8		
3	Morada Bata Bajo	Quartz	SiO ₂	23		
		Kaolinite 1A	H ₄ Al ₂ O ₉ Si ₂	6		
		Illite	H ₂ Al ₂ ,59Ca _{0,01} Fe _{0,04} K _{0,71} Mg _{0,15} Na _{0,01} O ₁₂ Si _{3,27}	29		
		Zeolite CIT-5	15Na _{0,01} O ₁₂ Si _{3,27}	7		
		Zeolite COK-5	O ₆₄ Si ₃₂	7		
		Zeolite	O ₁₄₄ Si ₇₂	11		
		Malladrite	SiO ₂	1		
			F ₆ Na ₂ Si ₁	23		

Los difractogramas correspondientes se muestran a continuación: Amarilla Pantanitos Bajo (Fig. 6), Blanca Bata Bajo (Fig. 7), Morada Bata Bajo (Fig. 8)

Fuente: Autores

Figura 6 Difractograma de arcilla Amarilla pantanitos bajo

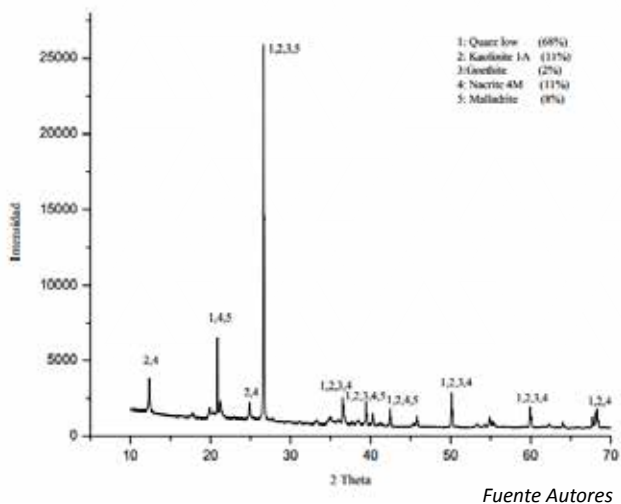


Figura7 Difractograma de arcilla Blanca Bata Bajo

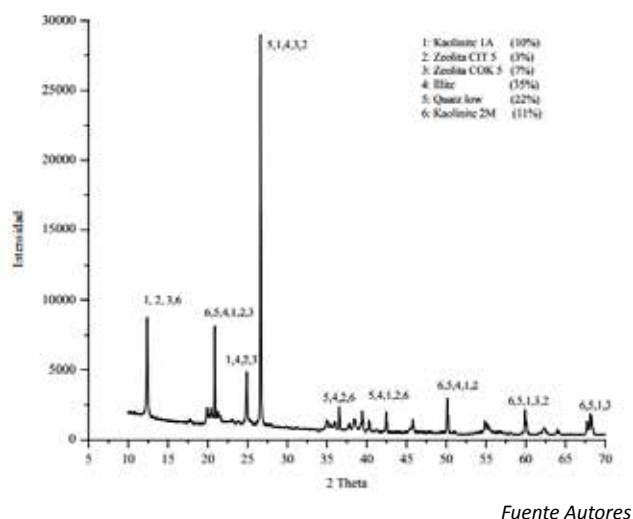
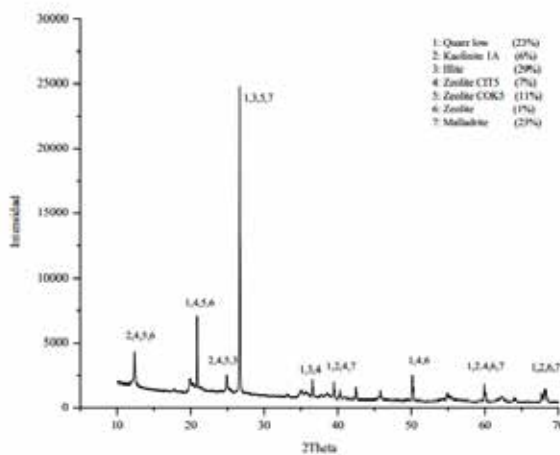


Figura 8. Difractograma de arcilla Morada Bata Bajo



Los resultados de los análisis inmediatos del carbón se muestran en la tabla 3.

Tabla 3 Resultados de análisis inmediatos del carbón de la Mina Didáctica SENA centro Minero

Análisis	Norma técnica	Resultados Obtenidos
Humedad residual	NTC 1872 Humedad total en carbón	HR(Gal 1)= 2.02%
Materia volátil	NTC 2018 Análisis de materia volátil en muestras de carbón y coque	Mv(Gal 1)=42.74%
Cenizas	NTC 1859 Determinación de cenizas en carbón y coque	Cz(Gal 1)=5.52%
Azufre total	ASTM D 5016 azufre en carbón y coque en horno a alta temperatura con el método de absorción infrarroja	S(Gal 1)=1.07%
Índice de hinchamiento libre	ASTM 2075 Método de ensayo para determinar el índice de hinchamiento libre del carbón (IHL)	IHL(Gal 1)= 1.5
Poder calorífico	Deducción de poder calorífico a partir del contenido de cenizas	PC(Gal 1)= 8147.90 Kcal/Kg

Fuente Autores

Nota: El poder calorífico para los carbones Cundi-Boyacenses se calcula aplicando la expresión P_c (Kcal/Kg) en base seca = $8676.21 - 95.71 \times \%$ Cenizas en base seca. Fuente: Autores

Los resultados de los análisis de compuestos fluorados y cloruros según método EPA 26 (No isocinético) del muestreo de emisiones atmosféricas del horno se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de análisis de gases para compuestos fluorados y cloruros

Muestra	Sin Filtro catalizado		Con filtro Catalizador	
	HF mg/ml	HCL mg/ml	HF mg/ml	HCL mg/ml
M1	6,44	0,49	0,62	0,33
M2	13,82	0,6	2,52	0,3

Fuente Autores

4. DISCUSIÓN O ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizadas las quemas de los ladrillos de prueba se tomaron mediciones de los gases de combustión emitidos por el horno sin colocar el filtro catalizador dando como resultado los siguientes valores para dos muestras tomadas con equipo isocinético M1= 6,44 mg/ml y M2= 13,82 mg/ml para compuestos fluorados (HF) y M1= 0,49 mg/ml; M2= 0,60 mg/ml para cloruros (HCl), posteriormente se colocó el filtro y el resultado de las nuevas muestras para fluoruros fue M1= 0,62 mg/ml y M2= 2,52 mg/ml; para los cloruros fue M1=0,33 mg/ml y M2= 0,30 mg/ml.

Lo anterior demuestra que el catalizador fue eficiente en la reducción de fluoruros y cloruros resultantes de la cocción de productos cerámicos.

Las pruebas se realizaron con materiales y hornos a escala en las instalaciones del patio de mina del centro minero.

El catalizador se construyó con las mismas materias primas utilizadas para la producción de elementos cerámicos.

5. CONCLUSIONES

Se evidencia que el catalizador realizó una reducción apreciable de contaminantes del horno durante el proceso de cocción.

Las arcillas encontradas en la zona de acuerdo a sus características permiten la elaboración de este tipo de catalizadores sin la necesidad de contar con materias primas importadas y de alto costo.

Debido a la porosidad del catalizador, no se evidenció dificultad para evacuar los gases del horno.

Se requiere un dispositivo de sujeción en la chimenea para colocar el catalizador.

El catalizador sólido producido es de tipo heterogéneo. (Rodríguez-Gregorich. 2011)

6. AGRADECIMIENTOS

Ing. Met. Juan Carlos Pinilla. Subdirector Centro Minero SENA Regional Boyacá

Aprendices Ficha 1439964: Química aplicada a la industria.

Aprendices Ficha 1366484A: Supervisión de labores mineras

Aprendices Ficha 1320194: Supervisión de labores mineras

Richard Ramírez aprendiz programa Manejo Ambiental

7. REFERENCIAS

Conesa, Juan A. (2008). Emisión de dioxinas y furanos a la atmósfera en el sector cementero. 22 noviembre 2020, de Fundación Conesa Sitio web: http://www.fundacionconesa.org/wp-content/uploads/2017/07/JA_Conesa.pdf

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2010). Resolución 610 del 24 marzo de 2010. Calidad del aire

<https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/bf-Resoluci%C3%B3n%20610%20de%202010%20-%20Calidad%20del%20Aire>.

Corpoboyacá. (2013). Resolución 618. 30 abril de 2013. https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2015/11/Resolucion_0618_2013.pdf

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. (2006). Humedad total del carbón. (NTC 1872). <https://e-collection-icontec-org.bdigital.sena.edu.co/colecao.aspx>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. (2004). Determinación de cenizas en carbón y coque. (NTC 1859). <https://e-collection-icontec-org.bdigital.sena.edu.co/colecao.aspx>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. (2004). Análisis de materia volátil en muestras de carbón y coque. (NTC 2018). <https://e-collection-icontec-org.bdigital.sena.edu.co/colecao.aspx>

American Standard Testing of Materials (2010) Standard Test Method for Total Sulfur in Coal and Coke Combustion Residues Using a High-Temperature Tube Furnace Combustion Method with Infrared Absorption. ASTM D 5016. <https://www.astm.org/Standards/D5016.htm>

Agencia de protección Ambiental de Estados Unidos. 2019. Determination of hydrogen halide and halogen emissions from stationary sources non-isokinetic method (EPA 26). https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-06/documents/method_26a.pdf

Agencia de protección Ambiental de Estados Unidos. 2019: Determination of hydrogen halide and halogen emissions from stationary sources isokinetic method (EPA 26). https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-06/documents/method_26_0.pdf

Curtidor L, Lozano L, Cardozo L. 2018: "Caracterización y evaluación de las arcillas de las zonas aledañas a la ciudad de Sogamoso para su utilización como catalizadoras de las emisiones de flúor de los hornos alfareros del municipio". ISBN: 978-958-15-0384-1

Gonzalez, E. Galán y B. Fabbri. (1998). Problemática de las emisiones de flúor, cloro y azufre durante la cocción de materiales de la industria ladrillera, Boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio, J. ISSN 0366-3175, Vol. 37,

Nº 4, págs. 307-314. <https://pdfs.semanticscholar.org/bc59/2b9e74fe9901fd30b23e08322816bf02764b.pdf>

Alicia Rodríguez-Gregorich. 2011. Catálisis heterogénea: preparación de catalizadores sólidos (parte i). Facultad de Química, Universidad de Camagüey, Cuba. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852011000200009



CONGRESO

NACIONAL DE MINERÍA

Una apuesta que construye futuro

