



Utilización de las escorias de acería como material de construcción*

Autor: Maile Boza Regueira

Carrera: Ingeniería Civil.

Universidad de Holguín (Cuba).

Resumen: El presente trabajo contiene los resultados de investigaciones realizadas en la Universidad de Holguín en la búsqueda de nuevos materiales que puedan ser empleados en la construcción. En este caso, se estudia la posibilidad de emplear la escoria de la planta de Aceros Inoxidables de la provincia Las Tunas ACINOX, como material aglomerante y como árido; además, se realiza una valoración económica del impacto que generaría su utilización. Basado en resultados de otras investigaciones internacionales referenciadas se pudo demostrar que el empleo de estos residuos es factible para nuestro territorio.

Palabras clave: Material de construcción; escoria de acería; Planta de aceros inoxidables de Las Tunas.

Steel slags for use as a construction material

Abstract: This work contains the results of previous research conducted in the University of Holguín in pursuit of new materials that can be used in construction. This work explores the possibility to use steel slags from Planta de Aceros Inoxidables ACINOX in Las Tunas as binding materials and aggregates. An economic impact evaluation of steel slag use was also carried out. Based on results of other previous international research it could be proved that using these residues in our municipality is a feasible option.

Key words: construction materials, steel slags, Planta de aceros inoxidables, Las Tunas.

Introducción

En la planta de aceros inoxidables de Las Tunas, ACINOX, se vierten diariamente, en lugares de depósito caballero, las escorias resultantes de su proceso de producción, desperdiciando sus propiedades como material de construcción y comportándose así, como un factor contaminante del medio ambiente.

Asumiendo lo anteriormente fue planteado como objetivo general de de este trabajo: estudiar la escoria proveniente de la planta ACINOX, teniendo en cuenta la caracterización brindada por esta entidad y -a partir de experiencias internacionales- demostrar la posibilidad de su uso como material de construcción en nuestra región.

Para desarrollar esta investigación se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar los antecedentes de la utilización de la escoria como material de construcción.
2. Verificar si la escoria resultante del proceso industrial de la planta de aceros inoxidables de Las Tunas es similar a los patrones de escoria a nivel internacional.
3. Especificar (según análisis bibliográfico) los requisitos que debe cumplir este

residuo para ser utilizado en la construcción.

4. Realizar un estudio de factibilidad para su empleo en el territorio.

Escorias: definición y tipos

La escoria es un subproducto de la industria de acero formado fundamentalmente por calcio, hierro y silicato de magnesio, que se obtiene por las reacciones químicas que tienen lugar en los procesos de formación de los metales.

Las escorias generadas en la producción de acero por el proceso de horno de arco eléctrico son, en su mayoría, de dos tipos: oxidantes y reductoras o negras y blancas, respectivamente. Esta nomenclatura se debe a las dos etapas de las que consta dicho procedimiento que son: fusión (marcha oxidante) y afino (marcha reductora) (Amaral, 1999).

La escoria negra se obtiene en la primera etapa del proceso y está compuesta principalmente por óxido de hierro, calcio, silicio y aluminio. De esta se genera un volumen mucho mayor que de la escoria blanca, la cual posee una cantidad alta de finos provenientes del fenómeno de pulverización del silicato bicálcico durante el enfriamiento de la escoria.



Figura 1. Aspecto de la escoria negra y de la escoria blanca con impurezas de otro material.

Antecedentes de la utilización de la escoria como material de construcción

A pesar de ser la escoria un residuo de la producción de acero esta puede ser utilizada en la agricultura para tratamiento de suelos sulfato-ácidos. En la construcción tiene disímiles usos en explanadas, bases y sub-bases de carreteras, en capa de rodadura de pavimentos y como aditivo al clinker en las plantas productoras de cemento, entre otras.

Por esta razón existen varios trabajos a nivel internacional que tratan el tema del uso de las escorias de acería en la construcción. En España, Luxán (1995) realizó un importante trabajo utilizando escorias negras provenientes de dos factorías cercanas a Madrid.

Se determinó la reactividad puzolánica de estas escorias, llegándose a la conclusión de que no poseían este tipo de reactividad. Mediante espectroscopía de absorción infrarroja se identificó la existencia de la reacción hidráulica. Con estos resultados se realizó un estudio sobre el comportamiento de la escoria como adición, determinando el tiempo de fraguado, la estabilidad volumétrica, índice de actividad resistente, resistencia mecánica y la retracción en morteros.

Sobre la base de estos resultados se concluye que estas escorias no presentan ninguna reacción perjudicial en todos los análisis y ensayos efectuados, pudiendo utilizarlas como:

-Áridos en bases y sub-bases,

-Áridos en mezclas asfálticas,

-Adición en mezclas con cemento Portland para la fabricación de hormigón. En Brasil, Geyer *et al.* (1997) analizaron las posibilidades de utilización y los factores que limitan la utilización de la escoria como adición al cemento. Se realizaron los ensayos:

Determinación de la resistencia a compresión

Ensayo de puzolanidad

Determinación de la expansión

Ensayo de carbonatación, con determinación por fenolftalena.

Para el ensayo de expansión por agujas de Le Chatelier se sustituyó 35 % de cemento por escoria y el resultado fue de expansión nula en el material. El índice de actividad puzolánica obtenido, utilizando escoria pasante por el tamiz 0,074 mm, fue de un 70 %. La autora concluye que la carbonatación en hormigón, con sustitución de un 5 % de cemento por escoria, disminuye en relación con el hormigón convencional. Deduce también que las adiciones del 70 % de escoria son inviables en cuanto a la carbonatación.

Bäverman *et al.* (1996) realizaron un estudio en el que la arena del hormigón fue sustituida por escoria de horno eléctrico. Las propiedades físicas investigadas

fueron la resistencia a compresión y a flexo-tracción, así como la lixiviación del material. La escoria estudiada provenía de la empresa Fundia Steel AB (Suecia).

En cuanto a las propiedades físicas se observó que el hormigón con escoria tiene densidad más elevada y que la resistencia a compresión y flexo-tracción del hormigón con escoria es similar a la del hormigón de referencia.

La escoria de acería de horno eléctrico puede ser utilizada para sustituir arena en hormigón y se pudo observar que no existe riesgo ambiental asociado con su utilización.

Losáñez (2007) en su tesis doctoral estudió la idoneidad de un aprovechamiento integral de las escorias de acería en construcción y en obra civil. Plantea que la escoria blanca, tras un período de enfriamiento de entre 6 y 10 semanas a la intemperie en zonas húmedas, pierde casi totalmente su expansividad potencial convirtiéndose en un material pulverulento, y lo que es más importante, con un comportamiento estable.

El trabajo muestra que es positiva la inclusión de escoria blanca en los morteros de albañilería. Su uso en lugar de ciertos aditivos o componentes de los morteros puede suponer un ahorro económico y una optimización de recursos industriales. En la investigación se fabricó un suelo-cemento artificial, en el cual el "suelo" fue una mezcla de escoria negra y blanca, y el "cemento" una mezcla de cemento Portland y escoria blanca con muy buenas propiedades mecánicas. Plantea, además, que los hormigones fabricados con escoria blanca y negra, como una parte mayoritaria de sus áridos, pueden poseer buenas propiedades siempre que se lleve a cabo una dosificación adecuada y no se exceda de un contenido de escoria blanca del 10 % sobre el total de la masa de hormigón. Finalmente, el ensayo en cámara climática proporcionó datos muy interesantes sobre la durabilidad de estos hormigones.

En Centroamérica, Pérez (2008) estudió la escoria producida en la planta Siderúrgica de Guatemala (SIDEGUA). Caracterizó tanto la escoria como el agregado tradicional y se evaluaron tres mezclas asfálticas con diferentes combinaciones de escoria-agregado tradicional (100 %, 0 %), (70 %, 30 %), (0 %, 100 %). La mezcla con 100 % agregado tradicional se utilizó como parámetro de comparación. De esta manera concluyó que:

- La estabilidad que presentaron las mezclas con escoria fue más alta que en las mezclas con agregado tradicional, contribuyendo a la durabilidad del pavimento, volviéndolo más resistente a la deformación causada por el tráfico.
- Al combinar la escoria con agregados tradicionales se consigue compensar el bajo porcentaje de finos en la misma y disminuir así el porcentaje de asfalto en la mezcla.

Experiencias locales del uso de la escoria como material de construcción

La empresa ACINOX de Las Tunas fue fundada en 1991 y casi desde su fundación comenzó a utilizar la escoria como solución a muchos de sus problemas internos. En 1993 iniciaron utilizándola como recubrimiento del horno de arco eléctrico—sustituyendo parte del cemento a utilizar como revestimiento del horno- para evitar que el hierro fundido entre en contacto con la chatarra.

A partir del año 2006 comenzaron a realizar vínculos con otras empresas que se mostraron interesadas en la utilización de este residuo en sus producciones y, en el 2010, basados en investigaciones e ensayos internos de la fábrica, fueron utilizadas una parte de las escorias generadas por la planta en:

- La realización de 5 000 bloques de hormigón en coordinación con el CAI Majibacoa y con la Empresa de Materiales de la Construcción.
- Construcción de más de 3 000 m² de aceras en el reparto médico del municipio.
- La realización de las Parrilladas del Cornito.
- La construcción de pisos internos y muros delimitadores en el interior de la acería
- Cimentación de cerca en varias instalaciones de la empresa.

Composición química de la escoria de acería que se produce en la planta ACINOX de Las Tunas

Es importante destacar que la composición química de la escoria depende, entre otros factores, del tipo de acero que se esté fabricando. Además, las escorias generadas en la planta siderúrgica de Las Tunas tienen una composición química muy similar a las que se presentan, según referencias encontradas de varios

países. La escoria blanca tiene una constitución física y una composición química muy parecida a la del cemento.

Análisis económico para su uso en el territorio

Como se ha podido apreciar las escorias de acería pueden tener disímiles usos en la construcción. Basados en experiencias internacionales y en la similitud anteriormente dicha se infiere que la escoria blanca puede ser sustituida por el cemento en diversas proporciones, dependiendo la dosificación a utilizar de los resultados que arrojen los ensayos de estabilidad volumétrica y resistencia.

Dicho reemplazo constituiría un ahorro económico significativo por lo que se decidió hacer un análisis en una empresa constructora del municipio Manatí. La unidad de construcción seleccionada fue: la Empresa Agropecuaria "Argelia Libre", la cual construyó alrededor de 148 viviendas y 12 obras sociales en el año 2009; empleando para ello alrededor de 75 106 pesos en cemento solamente. Este número puede disminuirse considerablemente si el cemento es sustituido por un porcentaje de escoria blanca.

Tabla 1. Análisis económico a partir de los usos que puede dársele a las escorias de acería como sustitución de algunas proporciones de cemento

Aspectos	U/M	Por ciento de escoria a sustituir por cemento				
		0	5	10	20	30
Cantidad de escoria a utilizar	ton	0	44.18	88.36	176.72	265.08
Cantidad de cemento a utilizar	ton	883.6	839.42	795.24	706.88	618.52
Gastos en cemento	pesos	75106.00	71350.7	67595.40	60084.8	52574.20
Dinero que puede ahorrarse	pesos	0	3755.30	7510.60	15021.2	22531.80
Escoria que quedaría en la planta	ton	2172.72	2128.54	2084.36	1996	1907.64
Empresas que pudieran utilizarla	u		49	24	12	8
Ahorro en valores por uso de escoria	peso	184 681				
Ahorro en cantidad por uso de escoria	ton	1 847				

Tabla 2. Análisis económico a partir de los usos que puede dársele a las escorias de acería como sustitución de algunas proporciones de arena.

Aspectos	U/ M	Por ciento de escoria a sustituir por arena				
		0	5	10	20	30
Cantidad de escoria a	m ³	0	99.6	199.2	398.4	597.6
Cantidad de arena a utilizar	m ³	1992	1892.4	1792.8	1593.6	1394.4
Nuevos gastos en cemento	peso	23704.8	22519.	21334.32	18963.	16593.36
Dinero que puede ahorrarse	peso	0	1185.2	2370.48	4740.9	7111.44
Escoria que quedaría en la planta	m ³	4526.5	4426.9	4327.3	4128.1	3928.9
Empresas que pudieran	u	0	45	23	11	7
Ahorro en valores por uso de escoria	peso	53865.35				
Ahorro en cantidad por uso de escoria	m ³	4526.50				

Tabla 3. Análisis económico a partir del uso de los usos que puede dársele a las escorias de acería como sustitución de algunas proporciones de gravilla

Aspectos	U/M	Por ciento de escoria a sustituir por gravilla				
		0	5	10	20	30
Cantidad de escoria a utilizar	m ³	0	31.3	62.6	125.2	187.8
Cantidad de arena a utilizar	m ³	626	594.7	563.4	500.8	438.2
Nuevos gastos en cemento	peso	5903.18	5608.0	5312.862	4722.5	4132.226
Dinero que puede ahorrarse	peso	0	295.16	590.32	1180.6	1770.95
Escoria que quedaría en la planta	m ³	4526.5	4495.2	4463.9	4401.3	4338.7
Empresas que pudieran utilizarla	u	0	145	72	36	24
Ahorro en valores por uso de escoria	peso	42 685				
Ahorro en cantidad por uso de escoria	m ³	4 432				

De manera similar ocurre cuando utilizamos la escoria para sustituir áridos como la arena o la gravilla, los cuales fueron empleados por la mencionada empresa en el 2009 en cantidades aproximadas a los 1 992 m³ de arena y 626 m³ de gravilla en la construcción de viviendas y obras sociales, por lo que podemos considerar el ahorro que representa la utilización de la escoria en la construcción.

Cabe destacar que la bibliografía analizada recomienda la utilización de las escorias negras como árido en el hormigón, ya que son más resistentes y menos expansivas que las escorias blancas; además, después de ser trituradas puede obtenerse la granulometría deseada. Si maximizáramos el uso del residuo objeto de este estudio a otras empresas constructoras, utilizando toda la escoria que se genera como promedio en un año en la planta de aceros inoxidables de Las Tunas, que es de 10 800 toneladas de escoria negra y 2 100 toneladas de escoria blanca, obtendríamos un ahorro anual de aproximadamente 18 4000 CUP por concepto de cemento o de 53 800 CUP por concepto de arena o de 42 600 CUP por concepto de gravilla.

Conclusiones

La bibliografía analizada señala que las escorias de acería apuntan a cumplir los requisitos necesarios para utilizarla en la construcción como adición al cemento Pórtland, como árido fino y árido grueso en el hormigón hidráulico y asfáltico.

La escoria producida por la planta ACINOX de Las Tunas posee propiedades muy semejantes a las escorias que han sido investigadas en el ámbito internacional con la finalidad de ser usadas en la construcción.

De la bibliografía utilizada se concluye que la escoria blanca puede ser sustituida por cemento y árido fino, no siendo así la escoria negra que solo puede utilizarse en sustitución de árido fino y grueso después de la trituración.

Basado en el análisis económico realizado, tomando como base la empresa "Argelia Libre" del municipio Manatí así como las experiencias a nivel internacional, se deduce que, utilizando la escoria de la planta ACINOX de Las Tunas, se pudieran ahorrar aproximadamente 1 800 toneladas de cemento o aproximadamente 4 500 m³ de arena o aproximadamente 4 400 m³ de gravilla.

El uso de la escoria como material de construcción potencia el desarrollo sostenible, tanto por el aprovechamiento de los residuos como por la reducción de la explotación de los recursos naturales.

Recomendaciones

Profundizar en el estudio de las potencialidades de la escoria de la planta ACINOX como material de construcción en cada uno de sus posibles usos.

Realizar ensayos con el objetivo de determinar los compuestos referenciados en el Anexo I del Decreto Ley 104/2006 de la Comunidad Autónoma de Cantabria.

Referencias bibliográficas

AMARAL, L. 1999: Hormigones con escorias de horno eléctrico como áridos: propiedades, durabilidad y comportamiento ambiental. Barcelona, España.

BÄVERMAN, C. Y ARAN, F. A. 1996: A study of the potential of utilising electric arc furnace slag as filling material in concrete. Draft.

LUXÁN, M. P. 1995: Tipificación de escorias producidas por la siderurgia de horno eléctrico, como material utilizable en la construcción. I. Caracterización previa de las escorias. Informe técnico 16.193.1, CSIC- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Madrid.

GEYER, R. M. T., GEYER, A., DALMILIN, D. C. C., Y VILELA, A. C. F. 1997: Uso de escorias de aciaria como substitución ao cimento Portland – urna analicé da melhoria das propiedades de concreto. IV Congreso Iberoamericano de Patología de Construcción, Porto Alegre, Brasil.

LOSÁÑEZ, M. 2007: Aprovechamiento integral de escorias blancas y negras de acería eléctrica en construcción y obra civil. Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao. España.

PÉREZ, E. 2008: Evaluación de la escoria de horno como agregado en mezclas asfálticas. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

* Trabajo presentado en el XIX Forum Científico Nacional de Estudiantes Universitarios de Ciencias Técnicas. Tutorado por el MSc. Antonio L. Calaña Azcuy y el Ing. Francisco R. Casanella Leyva.