

Utilización de las escorias de los hornos de arco eléctrico y de cuchara como materiales de construcción.

R. Zaragoza Valdés, A. Nassur Bogachkov, A. A. Concepción Gómez, D Tápanes Robau

Unidad Docente Metalúrgica "Antillana de Acero". Facultad de Ingeniería Mecánica
 Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echevarría"- Empresa Siderúrgica "Antillana de Acero"
 Calle 20 N° 10522, Cotorro, Ciudad de la Habana.
 Teléfono: (537) 338554 Fax: (537) 338079
 E-mail: udm@aacero.colombus.cuL. Penabad Sanz

(Recibido el 2 de febrero, aceptado el 2 de marzo)

Resumen

La necesidad que tiene la humanidad de que las producciones sean cada día mas limpias, así como la que tiene el país del aumento de la rentabilidad de las empresas, hace necesario el estudio del uso de las escorias que se obtienen en la producción de acero, principal residual de este tipo de producción. En el trabajo se estudia la utilización de la escoria del Horno de Arco Eléctrico (HAE) como material de relleno en la confección de bloques de hormigón para la construcción de edificaciones, sustituyendo la grava de granito. Se estudia, además, el uso de la escoria de los hornos cuchara (HC) como sustituto del clínquer en la fabricación de cementos *portland*. Se obtienen resultados positivos para la protección del medio ambiente y la economía de la empresa metalúrgica.

Palabras claves: producción de acero, escorias, medio ambiente, cementos, materiales para la construcción.

1. Introducción

La actividad humana, en su devenir histórico ha alcanzado grandes niveles de desarrollo tecnológico y productivo, pero lo ha hecho de forma irracional y derrochadora, lo que ha acarreado grandes afectaciones al medio ambiente. Es por eso, que en estos momentos la lucha por la preservación del medio ambiente se ha tornado impostergable, convirtiéndose en un problema de vida o muerte para la humanidad.

La industria metalúrgica es una de las ramas más antiguas de la producción de bienes materiales y de las fundamentales para la economía mundial, pero al mismo tiempo es una de las mas agresivas al entorno por la cantidad y tipos de residuales contaminantes que genera.

Dentro de la metalurgia, la industria del acero es una de las más desarrolladas por la gran diversidad de usos que tienen sus productos, pero al mismo tiempo, genera una variedad importante de residuales. Uno de los principales residuales o subproductos, que se obtiene en esta industria son las escorias de los distintos procesos tecnológicos, por lo que su procesamiento y uso posterior seria de gran utilidad desde el punto de vista ecológico y un paso importante en la conversión de las acerías en industrias limpias.

Adicionalmente el procesamiento de las escorias y su conversión en un producto ayudaría a elevar el grado de eficiencia económica de las empresas metalúrgicas.

En este trabajo, es abordada la utilización de las escorias, de los hornos de arco eléctrico de cuchara, que se obtienen en la acería de la empresa Antillana de Acero, con el objetivo de su uso como materiales para la construcción.

2. Características de las escorias.

Las escorias están formadas por compuestos más ligeros que el acero, los cuales suben a la superficie del baño metálico, formando una capa de espesor variable. Estos compuestos son en su mayoría óxidos, silicatos, sulfuros, aluminatos y fosfatos, los cuales se forman como consecuencia del proceso tecnológico de obtención de acero.

Los análisis mineralógicos demuestran que las escorias de la producción de acero están compuestas, como regla, por distintos compuestos, formados por los óxidos, al combinarse de diversas maneras.

Las escorias metalúrgicas representan en sí, sistemas cerámicos, cuyas propiedades dependen en gran medida de las particularidades estructurales del SiO_2 .

La principal característica de las escorias es su *basicidad*, que es la relación que existe entre la cantidad de óxidos básicos y ácidos que forman la escoria y caracteriza la capacidad de las escorias de absorber y de retener, sólidamente, las impurezas del metal (fósforo, azufre y otros).

Existen varias formas para expresar la basicidad; la de mayor utilización es la expresión que relaciona la concentración del óxido básico principal (CaO) y la del óxido ácido más fuerte (SiO_2):

$$B = \text{CaO} / \text{SiO}_2 \quad (1)$$

Donde: B – Basicidad, CaO – Concentración del óxido básico principal (%), SiO_2 – concentración del óxido ácido más fuerte(%)

Si la escoria contiene una cantidad considerable de fósforo, entonces:

$$B = \text{CaO} / (\text{SiO} + \text{P}_2\text{O}_5) \quad (2)$$

Donde: P_2O_5 – Concentración del pentóxido de fósforo.

Para valorar la potencialidad hidráulica se utiliza el denominado módulo hidráulico:

$$F = \frac{\text{CaO} + 0,5\text{MgO} + \text{CaS} + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2 + \text{MnO}} \quad (3)$$

Cuando $F > 1,5$ las escorias presentan colores claros, retienen el 15 ±30 % del agua, son fácilmente molturables y se comportan como aglomerantes de buenas cualidades. En los casos en que $F < 1,5$ el color suele ser verde o negruzco, retienen mal el agua (5±20 %), son difíciles de triturar y sus propiedades aglomerantes son peores.

3. Estado actual del uso de las escorias en el mundo.

Las escorias de los Hornos de Arco Eléctrico, actualmente son utilizadas principalmente en la industria de los materiales de la construcción donde han alcanzado determinadas aplicaciones; particularmente en Europa, donde se comercializan cementos compuestos de Cemento *Portland* y escorias. En Argentina se les utiliza como material de relleno en caminos y como capa base en carreteras, debido a su buena resistencia mecánica a la abrasión y al choque, como consecuencia de su gran dureza. En España se le usa como corrector de suelos agrícolas (pH)

mejorando las condiciones de cultivo en áreas con cierta acidez

En Rusia se le usa como árido grueso para la confección de hormigones debido a que las escorias fueron enfriadas lentamente, careciendo estas de propiedades hidráulicas, no siendo apropiadas para la elaboración de cementos, siendo su principal campo de aplicación, el de árido para hormigón, donde la cualidad, que en primer lugar se le pide, es la de poseer resistencias mecánicas superiores al mortero en el cual están embebidas y que no se disgreguen cuando el medio ambiente influya sobre ellas.

No encontramos reportadas aplicaciones de las escorias de los Hornos Cuchara, lo cual puede estar relacionado con la propia búsqueda bibliográfica, o con la escasa literatura sobre las mismas, no obstante por estar cercanas en su composición a las de los Altos hornos se puede presumir que también estén siendo usadas en la fabricación de cementos.

4. Desarrollo.

En los últimos años, en la Empresa Siderúrgica *José Martí* se producen anualmente, un promedio de 220 000 toneladas de acero, las cuales generan un estimado de aproximadamente 22 000 Tn de escorias de los HAE y 8000 Tn de los Hornos Cuchara que pasan a los vertederos de la empresa.

A esto, habría que agregarle los volúmenes de escorias, de los Hornos Martín, acumulados durante años en las escorias, lo que le da una gran importancia a la determinación de un posible campo de aplicación, lo cual disminuiría los niveles de contaminación en la fábrica, convirtiéndose en una fuente adicional de ingresos que permitiría reducir los costos de producción.

En este trabajo se decidió determinar la posibilidad de usar las escorias del Horno Fusor como árido grueso en la fabricación de bloques, por ser escorias con una masa compacta producto de la fuerte unión de los enlaces químicos presentes y no estar propensas a la disgregación. Las mismas pudieran sustituir al granito, el cual actualmente es un material deficitario y se transporta desde las provincias de Matanzas y La Habana, para abastecer a los establecimientos de producción de bloques de hormigón en Ciudad Habana, y el uso de las escorias de los Hornos Cucharas en la fabricación de cemento, como sustituto parcial del clinker

De acuerdo al estudio de fase que se le realizó, a estas escorias en el año 1996, utilizando un difractómetro de rayos X, marca *Philips*, modelo PW 1710 con radiación de K y Cu y filtro de Ni, se determinó la presencia de las siguientes fases [5]:

- Escoria del HAE: Presencia de silicato de calcio y magnesio, tipo Monticelita (CaMgSiO_2), fayalita (2FeOSiO_2) y forsterita (2MgOSiO_2).
- Escoria intermedia del HC: Presencia intensa de Merwinita [$\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2$] y presencia de fayalita y forsterita
- Escoria final del HC: Presencia predominante de Merwinita.

ESCORIAS DEL HORNO DE ARCO ELÉCTRICO.

Las muestras de escorias (HAE) se tomaban cuando la misma era vertida por la ventana de trabajo al final del período de afino, esto se realizó con un cucharón elaborado para este efecto, dividiéndolas y sometiéndolas luego a modos diferentes de enfriamientos bajo la acción del aire y bajo un chorro de agua precedente de una manguera.

El total de muestras recopiladas fue de 20, determinándose posteriormente la composición química por vía húmeda en el Laboratorio Central de la Empresa (Tabla 1).

Tabla 1. Composición química determinada por vía húmeda de algunas de las escorias del Horno de Arco Eléctrico.

Hornada	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO
1-8835	18,56	40,5	8,29	49,96	5,34	6,92
1-8834	12,92	38,9	5,82	20,6	4,81	5,91
1-8840	20,44	47,7	7,42	31,72	5,52	6,08

De este grupo de escorias fueron seleccionadas aquellas que poseían los niveles inferiores de óxido de hierro, teniendo en cuenta el carácter negativo que se le atribuye a contenidos elevados de los óxidos de hierro no saturados de oxígeno, que en el caso de análisis son las Hornadas 2-9203 y 2-9202.

Después de estudiar estos datos, y lo planteado sobre los áridos anteriormente, establecimos la hipótesis de que los bloques se podrían elaborar utilizando las escorias del Horno de Arco Eléctrico.

Los experimentos fueron basados en dos parámetros fundamentales: la basicidad y el modo de enfriamiento, debido a que el primero es una de las características fundamentales de las escorias y a través de la misma se puede caracterizar las propiedades de las escorias, y el segundo esta vinculado a la estructura que puede llegar a alcanzar la escoria.

A partir de este punto, se estableció la metodología para llevar a cabo los experimentos, la cual consistió de las siguientes etapas:

- Diseño estadístico del experimento.
- Secado y trituración de las muestras.
- Dosificación y mezclado.
- Vertido en el molde.

- Ensayos realizados en el laboratorio.
- Análisis de los resultados
- Diseño estadístico del experimento

Se utilizó un plan factorial del tipo 2^k , teniendo en cuenta las características de la investigación y cantidad de variables, entre otros parámetros.

Como ya fue señalado, en nuestro caso las variables experimentales son dos, las cuales se mueven en dos niveles, uno alto y otro bajo, son codificadas como se refleja en la tabla 2.

Tabla 2- Variables Utilizadas.

Niveles	Cod.	Enfriam.	B
Bajo	-1	Aire	1.61
Alto	1	Agua	2.33

El plan consta entonces, de cuatro experiencias que permiten calcular los coeficientes del polinomio lineal, en la tabla 3 se muestra la matriz experimental.

Tabla 3- Matriz experimental.

Exp.	Enfriamiento	B
1	Aire	1.61
2	Agua	1.61
3	Aire	2.33
4	Agua	2.33

• Secado y trituración de las muestras

Las escorias fueron sometidas a un proceso de trituración manual, pasando posteriormente por un tamiz de 10 mm perteneciente al combinado de Hormigón y Terrazo, pesándose cada muestra hasta un valor de 5.13 kg.

• Dosificación y mezclado

Normalmente la mezcla usada para la confección de cada unidad (tabla 4) contiene cemento, arena y granito, pero en el caso que nos ocupa el granito es sustituido por la escoria. En cada probeta la dosificación se realizó considerando las normas establecidas en la fabrica. El mezclado se realizó de forma manual hasta alcanzar una coloración homogénea; agregándosele agua hasta quedar completamente humectada la mezcla.

Tabla 4 - Dosificación por unidad.

Unidad	Cement	Arena	Escor.	Total
Kg	1.7	6.27	5.13	13.1
%	13.0	48.0	49.0	100.0

• Vertido en el molde

La mezcla fue depositada en un molde de madera de 39.5x10.5x19.0, hasta un tercio de la altura de este, tras lo cual se compactó y se añadió otra cantidad similar.

Posteriormente se repitió la operación de vertido - compactación llenándose el volumen restante en exceso; compactándose y retirándose la mezcla sobrante.

- **Ensayos realizados en el laboratorio**

Los bloques obtenidos se sometieron a un proceso de curado durante una semana, en el transcurso de la cual

fueron regados tres veces al día con una manguera para acelerar su proceso de fraguado y endurecimiento.

Posterior a esto se sometieron a las pruebas establecidas (resistencia a la compresión y a la absorción, en la fábrica para los bloques, según la norma cubana. Los resultados de los ensayos se muestran en la tabla 5

Tabla 5-Valores obtenidos de las muestras analizadas y sus replicas:

Testigo	Dimensiones (cm)				Resistencia (MPa)	Absorción. (%)	Masa(Kg.)
	Largo	Ancho	Altura	Area	7 días	7 días	
1	39.0	11.2	19.0	437.0	6.4	6.9	13.1
2	40.0	11.0	19.5	440.0	6.5	7.0	12.9
3	38.5	10.9	18.9	420.0	6.6	8.0	13.0
4	38.6	11.1	19.1	428.0	6.3	5.0	13.2
Valores obtenidos en las replicas.							
5	40.1	11.2	19.0	449.0	6.7	6.8	13.5
6	40.5	10.8	19.4	437.0	6.4	6.9	12.8
7	39.5	11.0	18.5	435.0	6.4	7.5	12.9
8	40.0	10.9	19.5	436.0	6.6	6.2	13.13
Patrón hecho con granito.							
9	41.0	11.0	19.0	451.0	6.8	7.2	13.0

- **Análisis de los resultados**

Los valores obtenidos fueron procesados mediante el paquete estadístico Statgrafic, obteniéndose los siguientes resultados: R - Cuadrada = 97.08 %, Error estándar estadístico = 0.1859 y Error Absoluto principal = 0.1125

La ecuación de regresión obtenida tiene la siguiente forma:

$$Y = 6.4875 + 0.0125 \cdot X_1 - 0.375 \cdot X_2 - 0.0125 \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (4)$$

En la tabla 6 se muestra la comparación entre los valores experimentales y los calculados a través de la ecuación obtenida:

Tabla 6.Valores experimentales y calculados.

Corrida	Valores experimentales	Valores calculados	Residuos.
1	6.4	6.5125	0.1125
2	6.5	6.4125	0.0875
3	6.6	6.4625	0.1375
4	6.3	6.4125	0.1125
Replicas			
5	6.7	6.5875	0.1125
6	6.4	6.4875	0.0875
7	6.4	6.5375	0.1375
8	6.6	6.4875	0.1125

Como se puede apreciar, la comparación entre los valores experimentales y los calculados, utilizando el modelo elegido de la resistencia es adecuado, debido a la similitud entre los valores de los residuos.

Para una mejor ilustración veamos como influyen las distintas variables sobre la resistencia del bloque, lo cual haremos de forma gráfica, aprovechando las posibilidades del paquete estadístico Statgrafic.

Como se puede notar en los gráficos (Fig.1), para el caso en que cada variable actúa por separado el aumento de la resistencia está dado por una disminución de la basicidad y un enfriamiento al aire. Para el caso donde intervienen las dos variables, resulta que aumenta la resistencia, siempre y cuando aumente la basicidad y sea enfriada con agua. Manteniéndose constante con valores bajos, siempre y cuando la basicidad sea mínima, sin importar como es enfriada

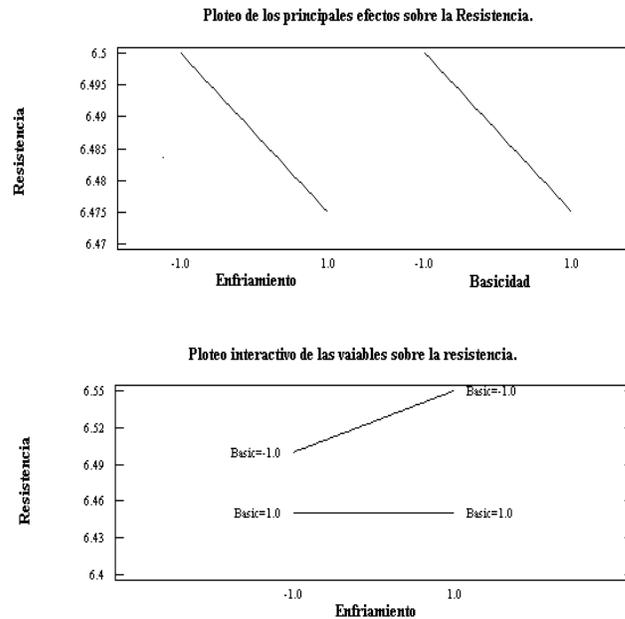
De todo esto se infiere que la escoria de Horno Fusor puede ser utilizada como árido grueso en la elaboración de bloques, ya que las muestras alcanzaron valores entre 6.4 y 6.6 MPa, siendo 6.4 MPa el valor mínimo de resistencia para los similares de granito.

Obteniéndose los mayores valores de la resistencia mecánica con los valores mas elevados de basicidad y enfriamiento con agua, lo cual no quiere decir que la escoria

de baja basicidad y enfriadas al aire no pueda ser usada, ya que todos los experimentos arrojaron valores de resistencia

que satisfacen los valores exigidos por las normas, que son de 6,4 MPa.

Fig. 1. Gráficos de la influencia de las distintas variables sobre la resistencia



ESCORIA DE LOS HORNOS CUCHARAS

Durante un periodo de tiempo se estuvo tomando muestras de escoria cuando concluía el proceso en el horno cuchara, se hizo un muestreo de 32 hornadas, siendo seleccionadas las cuatro que presentaban mejores características, teniendo en cuenta su basicidad. Estas fueron las hornadas 6893 y la 8411 (enfriadas con agua) y las hornadas 6905 y 8488 (enfriadas al aire). A un grupo de muestras se les determinó el contenido de cal y sílice por vía húmeda, que son los elementos que determinan la basicidad de la escoria.

• **Diseño del experimento.**

En este caso se determinó usar un plan de experimentos del tipo 2³. En la tabla 7 se muestran los niveles de las variables escogidos para los experimentos.

Tabla 7. Niveles de las variables para los experimentos

Variables	Nivel bajo (-1)	Nivel alto (+1)
Basicidad	1,8	2,5
Enfriamiento.	Al aire (lento)	En agua (acelerado)
Contenido de escoria	20 %	40 %

En la tabla 8 se muestra la matriz con los valores reales y codificados de las variables utilizadas en el experimento.

Tabla 8. Matriz experimental

Experimento	Basicidad		Enfriamiento		Contenido de escoria	
	B	X ₁	Medio	X ₂	%	X ₃
1	1,8	-1	Aire	-1	20	-1
2	2,5	+1	Agua	+1	40	+1
3	1,8	-1	Aire	-1	20	-1
4	2,5	+1	Agua	+1	40	+1
5	1,8	-1	Aire	-1	20	-1
6	2,5	+1	Agua	+1	40	+1
7	1,8	-1	Aire	-1	20	-1
8	2,5	+1	Agua	+1	40	+1

Mezclado y homogeneización, con la dosificación preestablecida de cemento y escoria.

Las escorias de las hornadas 6893 y 6905 se tamizaron directamente en un tamiz de 90 micras. La escoria de la hornada 8411 tuvo que secarse a 100 °C, ya que aún poseía un alto grado de humedad. Posteriormente esta escoria, al igual que la de la hornada 8488 tuvo que pasarse por un molinillo de laboratorio y finalmente se tamizaron en el tamiz de 90 micras.

Después de haber mezclado homogéneamente los componentes escoria y cemento se pesó esta mezcla para obtener 450 gramos, y se llevó a otra mezcladora donde se

adicionó el agua y las arenas de las fracciones 1,2,3,4 en las cantidades de 460g, 450g, y 100g, respectivamente.

• Elaboración de los morteros.

Esta mezcla se vertió en unos moldes rectangulares, previamente untados con aceite para facilitar el desmolde y se pusieron en la compactadora donde recibieron 120 golpes, posteriormente se enrasaron y se pusieron a secar durante 24 horas. Transcurrido este período de tiempo se procedió a desmoldar y se colocaron en unas piscinas con agua para su hidratación y aumento de la resistencia. Los moldes obtenidos poseían las dimensiones siguientes: 40 x 40 x 160 mm. Las dosificaciones de escoria, cemento y agua se relacionan en la tabla 9.

Tabla 9. Composición de los morteros experimentales.

	patron	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8
% P-350	100	80	60	80	60	80	60	80	60
% Escoria	-	20	40	20	40	20	40	20	40
ml de agua	225	235	235	235	235	235	235	235	235

5. Resultados

Las probetas fabricadas con los morteros preparados con las mezclas experimentales y mantenidas en agua para su

fraguado, fueron ensayadas a la compresión después de transcurridos 3, 7 y 28 días. Cada experimento se repitió tres veces, para comprobar su repetitibilidad, en la tabla 10 se muestran los resultados obtenidos durante el fraguado.

Tabla 10. Resultados de los experimentos

Exp.Nº	3 días de fraguado			7 días de fraguado			28 días de fraguado		
	Probeta N°			Probeta N°			Probeta N°		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	18,5	18,0	18,4	20,1	22,6	21,5	31,7	33,8	32,4
2	11,7	11,9	12,0	14,5	13,3	14,0	22,5	22,8	23,1
3	21,6	20,9	21,2	22,7	22,2	23,0	37,3	37,1	36,8
4	13,3	13,6	13,8	14,6	15,7	15,3	24,9	25,6	25,3
5	16,5	17,1	16,9	18,8	19,2	19,8	30,6	29,4	31,0
6	10,0	11,3	11,9	11,7	12,7	11,9	21,2	18,7	20,9
7	11,1	12,0	12,1	12,8	13,3	12,7	23,2	22,4	21,9
8	17,2	18,3	17,9	19,5	21,3	20,8	31,7	31,3	32,1
P-350	25,1	24,9	24,8	27,0	24,6	26,3	38,6	39,1	37,9

Los resultados experimentales se procesaron con ayuda del paquete estadístico Startgrafic, hallándose las ecuaciones de regresión para los tres tiempos de fraguado, la más

importante de las cuales, para 28 días de fraguado, la mostramos a continuación :

$$d = 27,81 + 1,69 \frac{B - 2,15}{0,35} - 1,44(E) - 5,1 \frac{\% \text{ dado} - 30}{10} - 0,31 \frac{B - 2,15}{0,35}(E) - 0,39 \frac{B - 2,15}{0,35} \frac{\% \text{ dado} - 30}{10} + 0,39 \frac{\% \text{ dado} - 30}{10}(E) \quad (5)$$

Procesando los datos obtenidos con el paquete estadístico, ya mencionado, se obtuvo la siguiente ecuación de regresión, la cual presenta los siguientes parámetros:

R - Cuadrada = 99.94 %, Error estándar estadístico = 0.2474 y Error Absoluto principal = 0.0875

Donde:

δ- resistencia del mortero después de fraguado, Kg/cm²;

B- basicidad de la escoria;

E- modo de enfriamiento (E=1, para enfriamiento con aire y E=-1 para enfriamiento con agua);

% dado- contenido de escoria en el cemento, %

Como se puede apreciar, de los resultados obtenidos, los valores de resistencia, se comportan de manera similar, tanto para tres, como para siete y veintiocho días de fraguado, por lo que procederemos a valorar este comportamiento solo para veintiocho días por su importancia práctica.

Se observa que el aumento de la resistencia se favorece con un aumento de la basicidad de la escoria, un enfriamiento al aire y un contenido de escoria en el cemento, que no sea muy elevado.

De lo anterior, podemos inferir que: la resistencia es más alta cuando la basicidad alcanza un valor alto (está reducida); el enfriamiento es bajo (al aire) y el porcentaje de escoria es mínimo (20 %), también se obtienen buenas resistencias para el caso de que la basicidad sea alta, el porcentaje de escoria bajo y este haya sido enfriado rápidamente y los peores resultados se alcanzan con un porcentaje de escoria elevado, una basicidad baja y un enfriamiento acelerado.

Resumiendo todo lo anteriormente explicado podemos decir, que es factible la utilización de la escoria del horno cuchara en la elaboración de cementos. Pero, para su empleo habrá que tener en cuenta como actúan los factores antes mencionados para poder obtener resistencias satisfactorias. De todos los factores el único que no se puede variar es la basicidad de la escoria ya que esta depende directamente del proceso productivo del acero, por lo cual a la hora de

emplear la escoria como aditivo en el cemento es el primer factor a tener en cuenta.

Esto coincide, con el hecho de que estas escorias tienen un mayor índice hidráulico, que las de baja basicidad, además deben ser muy ricas en silicato bicálcico, uno de los componentes fundamentales de los Cementos Portland.

Los morteros de cementos con escoria blanca, enfiada al aire, alcanzan resistencias análogas a las del cemento P-350 siempre y cuando no exceda de una cantidad del 20%. Las escorias blancas enfiadas con agua también alcanzaron buenas resistencias, pero como ya se ha explicado, esto puede encarecer el proceso ya que hacen falta equipos para este enfriamiento, hay que gastar agua y además habría que secarlas..

De querer obtener cementos con 25.0 MPa de resistencia, o sea, los cementos conocidos como PP-250, se le puede añadir escoria blanca al cemento en valores cercanos entre 30 – 35%, con los cuales los cementos con estas escorias como aditivos llegarían a alcanzar esta resistencia a los 28 días.

Las escorias para su uso pueden ser procesadas en una planta convencional de trituración, con lo cual se garantiza un producto con la calidad requerida.

6. Conclusiones

- Es posible sustituir la grava de granito, por escoria del Horno de Arco Eléctrico en la producción de bloques para la construcción
- Se puede sustituir parcialmente el clínker, en la producción de Cemento Portland 350, por escoria de los Hornos Cuchara.
- Es factible una mayor preservación del medio ambiente, mediante la utilización de las escorias de la producción de acero.

7. Bibliografía

- 1.-Revista CENIM, Vol. 25 Núm. 4 Julio – Agosto 1989.
- 2.-F. O Asso, Materiales de la construcción. 7^{ma} edición. La Habana. Científico Técnica. 1987.
- 3.-P García de Partredes Gaibrois,. Las escorias siderúrgicas en la construcción, análisis y ensayos. 1983.
- 4.-Kudrin V.A.. Metalurgia del acero. 1984.
- 5.-E. G León, Aumento de la durabilidad de la línea de escoria de las cazuelas de vaciado. Proyecto de Diploma.
- 6.-U.D.M., I.S.P.J.A.E. 1996.-
- 7.-R. López Plans, Diseño estadístico de experimentos. La Habana. Científico – Técnica. 1993.
- 8.-A G Morales, C Rodriguez. Utilización de las escorias Martín en el mejoramiento de los fertilizantes en polvos. Antillana de Acero. 1984.
- 9.-M. Velázquez. Manual del asfalto. Edit. Pueblo y Educación. La Habana.1972.
- 10.-Betejtin. A. Curso de mineralogía. Mir. Moscú. 1977. IHOBE. Boletín informativo. Bilbao. 1998.
- 11.-G.I. Gorchakov. Materiales de la construcción. Mir. Moscú. 1984.
- 12.-A. Malishev. G. Nikolaev. Ya. Shuvalov. Tecnología de los metales. Mir. Moscú. 1980.
- 13.-Keil Fritz: Cemento, Fabricación y aplicaciones, Editores Técnicos Asociados, Barcelona.

Use of slags from ladle and electric arc furnaces as construction materials.

Abstract:

The existing necessity of clean productions as well as the profitability of enterprises that the Cuban economy is demanding makes it necessary to carry out a study of slags that constitute the main residue of the steel production. This paper presents the use of slags coming from electric arc furnaces (EAF) as a substitute for gravel in the production of concrete bricks. The use of slags coming from ladle furnaces (LF) to replace clinker in the production of Portland Cement is also shown. Positive results are obtained such as the protection of the environment and the economic growth of the enterprise.

Key words: Steel making, slags, environment protection, cement, construction materials.

La Informática en la Ingeniería y la Arquitectura.

Curso de posgrado.

Conferencista: *MSc. Ing. Ángel Alberto Corugedo Méndez. Dpto. Gráfica de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Mecánica. ISPJAE. :*
corugedo@mecanica.ispjae.edu.cu



Objetivos generales del curso.

- Crear entre los profesionales asistentes una cultura general e integral sobre las aplicaciones de la informática como herramienta de trabajo para la solución de los problemas profesionales de ingenieros y arquitectos. Motivar la superación continua para el uso y desarrollo de las tecnologías informáticas en la actividad profesional de ingenieros y arquitectos.

Contenido.

- Conferencia No. 1: La informática y sus aplicaciones profesionales.
- Conferencia No. 2: La informática y el desarrollo de los proyectos.
- Conferencia No. 3: La informática y la capacitación de los profesionales.
- Conferencia No. 4: La informática y la organización de los proyectos.
- Conferencia No. 5: La informática y la normalización en la actividad de proyectos.

Frecuencia.

El curso se desarrollará durante cinco semanas todos los jueves a partir del jueves 31 de junio a las 3:00 pm en la sede de la UNAICC de la provincia La Habana situada en Callé Línea No. 1008 e 10 y 12 Vedado, Ciudad de la Habana.