

Utilización del polvo de acería de horno de arco eléctrico.

D. Tápanes Robau, T. Alvarez Palacios, T. A. Charles Senguden

Unidad Docente Metalúrgica, Facultad de Mecánica
 Instituto Superior Politécnico *José Antonio Echeverría*.
 Calle 20 No 10523, Cotorro, Ciudad de La Habana, Cuba
 Telefono: (06820) 4287
 E – mail: udm@acero.colombus.cu

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

Resumen

El polvo de las Acerías de Horno de Arco Eléctrico se produce como consecuencia de la producción de Acero, durante la depuración de los gases, y, en menor medida, en sus equipos de captación de aire. Estos polvos deben ser captados por los sistemas de depuración del taller. Con el presente trabajo pretendemos darle utilidad a un producto de desecho como es el polvo, mejorar las condiciones ambientales en el taller, elevar la calidad del pavimento u hormigón asfáltico mediante la variación de sus propiedades y disminuir el costo de la tonelada de acero mediante la comercialización de estos productos de desecho.

Palabras claves: Polvos, aglutinantes, composición química, pruebas realizadas.

Introducción

Una de las direcciones principales de nuestro Forum de Ciencia y Técnica es el medio ambiente y dentro de este tema en el caso industrial las fuerzas van encaminadas a priorizar soluciones que propendan al uso de tecnologías cada vez más limpias y a la minimización en la producción de desechos, así como desarrollar y aplicar sistemas eficientes para el tratamiento de los residuales. Cualquier filosofía sobre residuos debe partir de la realidad y ésta enseña que, resulta imposible no generar residuos. Esta afirmación no debe hacernos olvidar que, si bien la eliminación total de los residuos es utópica, no lo son así la reducción, reutilización, reciclaje y valoración energética. Basándose en estos principios, se han diseñado en los últimos años diversos planes de minimización de residuos. Nos centraremos en la minimización de un residuo en particular: **el polvo de acería de horno de arco eléctrico**, sobre esta base se expone lo siguiente:

Problema: La no utilización de los polvos de hierro acumulados en la depuradora taller acería eléctrica para la metalurgia.

Objeto: El proceso de recirculación de los polvos de hierro acumulados en la depuradora del taller acería eléctrica.

Objetivo: Confeccionar una tecnología para la recirculación de los polvos de hierro del taller acería eléctrica con vistas a disminuir la contaminación ambiental y enriquecer la MP.

Contradicción: Relación entre las propiedades de los polvos y su utilización.

Campo de acción: La relación entre las características físicas, químicas y mineralógicas de los polvos de hierro.

Hipótesis: Si se confecciona una tecnología para la recirculación de los polvos de hierro acumulados en la depuradora del taller acería eléctrica teniendo en cuenta la relación entre las características físicas, químicas y mineralógicas de los polvos de hierro entonces se logra disminuir la contaminación ambiental y enriquecer la MP.

Temas a tratar:

- 1 Situación existente en el taller acería eléctrica
- 2 Los polvos de las acerías de hornos de arco eléctrico.
3. Emisión de los polvos de las acerías de horno de arco eléctrico.
4. Composición química de las briquetas
5. Selección de los aglutinantes
6. Posible utilización de los polvos.

7. Algunas pruebas realizadas.
8. Conclusiones.
9. Recomendaciones

1. Situación existente en el taller acería eléctrica.

En el taller acería eléctrica podemos encontrar algunos materiales y desechos que no son utilizados en la producción, esto lejos de propiciar el proceso productivo lo dificulta grandemente. Como ejemplo tenemos los finos de coque, la cal y la macada muy fina.

El coque utilizado debe presentar ciertas características que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Características del coque utilizado en Antillana de Acero.

Parámetros	
Granulometría [mm]	20-40
Carbón Fijo [%]	87-89
Material Volátil [(%)	< 2
Cenizas [%]	< 11
Humedad [%]	< 11
S [%]	< 0,45

Cuando este coque no cumple con la granulometría antes señalada no se utiliza y se almacena en áreas del propio taller que no están destinadas para estos fines.

En el caso de la macada, ésta constituye la materia prima para la producción de la cal ($\text{SiO}_2 < 1\%$, CaO 85-95 %). En nuestro proceso productivo se utilizan tanto una como otra. La macada (tabla 2) muy fina también se almacena en áreas del taller corriendo la misma suerte de los finos de coque.

Tabla 2. Características de la macada.

Elementos	%
Mg	< 2
CaO	49-56
CaCO_3	52-56
SiO_2	0,6-1
Fe_2O_3	0,3
S	0,005-0,01
P	0,008-0,015
Otros Parámetros	
Granulometría (mm)	60-80
Resistencia Mecánica (kgf/cm^2)	380-450

Dentro de los desechos contamos con los polvos de acería de horno de arco eléctrico y con la escoria.

De la escoria (tabla 3) podemos decir que se obtienen de 2 a 6 t/hornada y es depositada en las afueras del taller obstaculizando áreas aledañas al mismo que no están preparadas para almacenaje de residuos.

Tabla 3. Características de la escoria.

Elementos	[%]
CaO	43.0-53.0
SiO	17.0-25.0
FeO + FeO	0.5-6.0
MnO	0.1-5.5

El polvo de acería se produce como consecuencia de la producción de acero en las acerías de horno de arco eléctrico, durante la depuración de los gases, y, en menor medida, en equipos de captación de aire de la acería.

2. Los polvos de las acerías de hornos de arco eléctrico.

La circulación de la chatarra comienza cuando se calienta y se funde en el interior del horno de arco eléctrico. Durante este proceso de fusión del hierro, ocurren la oxidación y la reducción de distintos elementos como el carbono, el manganeso, el silicio, entre otros. Estos óxidos junto con otros compuestos formados y volatizados durante el proceso de fusión del acero, deben ser recogidos en los sistemas de depuración de la Acería. En nuestra empresa estos sistemas de depuración están en mal estado y por ende no son utilizados. Pese a esto contamos con una gran acumulación de polvos en la depuradora que se estima que esté en el orden de las 200 t. Por cada tonelada de acero producido en el horno de arco eléctrico se generan entre 15 y 20 kg de polvo de acería. En la tabla 4 hacemos referencia a la composición química del polvo obtenido específicamente en Antillana de Acero.

Tabla 4. Composición química del polvo de hierro de acerías con hornos de arco eléctrico utilizadas por algunos países.

Composición [(%)]	Países			
	A	B	C	D
Fe_{Total}	69,53	66,85	66,80	66,49
FeO	23,74	0,52	0,35	0,31
Fe_2O_3	-	95,02	95,10	94,70
SiO_2	2,4	3,80	3,9	3,90
Al_2O_3	0,7	0,35	0,2	0,20
CaO	0,2	0,20	0,9	1,10
MgO	0,5	0,20	0,2	0,20
Mn	-	0,02	0,07	0,07
P	<0,5	0,010	0,008	0,010
S	0,023	0,02	0,004	0,005

Debido a sus propiedades físicas y químicas estos polvos originan problemas ecológicos si son vertidos al ambiente:

- En contacto con el H₂O generan lixiviados que contienen productos alcalinos, cloruros, fosfatos.
- El 60% de las partículas de estos polvos es menor de 50 micras .

Por estas razones las legislaciones ambientales exigen que en caso de ser vertidos tienen que inertizarse y depositarse en lugares especiales. Esta condición unida a que cada vez se hace más difícil el control de zonas adecuadas de vertido, hace que los costos de los vertederos para estos materiales residuales sean cada día más importantes. Esto justifica que las actividades de recuperación de los metales contenidos en el polvo de acería alcancen progresivamente mayor interés económico. Existen diversas tecnologías capaces de recuperar los metales presentes en el polvo de acería:

- Lixiviaciones ácidas o amoniacales.
- Horno de plasma.
- Proceso de Convertidor.
- Proceso Waelz.

3. Emisión de polvos de acerías de horno de arco eléctrico

Las emisiones de polvo de arco eléctrico se catalogan en emisiones primarias y secundarias.

Emisiones primarias

Éstas emisiones son desarrolladas dentro del horno durante las etapas de fusión y afino. El polvo producido es de 15-20 kg/t de acero producido.

El volumen del gas de escape que se origina durante el proceso así como su temperatura y principales contaminantes dependen de:

- La naturaleza del material de carga.
- La velocidad de fusión.
- El procedimiento de afino.
- El método de extracción de humos.

La inyección de oxígeno durante la fusión y el afino, genera gran cantidad de humos, conteniendo FeO y gases combustibles. Dependiendo de la cantidad de oxígeno usada el caudal de gases de escape puede ser de hasta un 50 % más que el caudal durante la fusión convencional.

Emisiones secundarias

Las emisiones secundarias se producen durante el vaciado (Tapping) y la carga del horno.

Control de emisiones del horno de arco eléctrico.

Dentro de los muchos sistemas que han sido desarrollados para la captación del polvo y los humos generados por el horno de arco eléctrico, mencionemos los más utilizados:

- Evacuación directa de la carcasa (4 agujeros)
- Campanas de tiro lateral.
- Campana de techo.
- Combinación de evacuación directa con campana de techo.
- Caja
- Evacuación del edificio.

Comparaciones.

En el mundo el polvo de hierro de las acerías de horno de arco eléctrico es utilizado para la producción de pelet

En nuestro caso contamos no solo con los polvos de hierro acumulados en la depuradora sino también con las colas del proceso de Nicaro (Tabla 5), que cuentan con la siguiente composición química

Tabla 5 Composición química de las colas de Nicaro.

Elemento	(%)
Fe	39,3
SiO ₂	19,8
Al ₂ O ₃	4,34
CaO	0,18
MgO	13,1
MnO	0,91
P ₂ O ₅	0,03
S	0,08
Cr ₂ O ₃	2,38

Nuestra propuesta es utilizar el polvo de hierro de la acería de horno de arco eléctrico, las colas de Nicaro y porqué no, la escama de molino en la fabricación del pelet metalúrgico. Este proceso implicaría una preparación previa de nuestras materias para enriquecer dichos materiales en su contenido de hierro.

Para solucionar este problema se pueden adoptar las variantes siguientes:

1. Con la composición obtenida del polvo de la depuradora del taller de acería eléctrica realizar un proceso de reducción de los óxidos de hierro sin ninguna adición de material férrico.

2. Al polvo de la depuradora se le puede aumentar el contenido de hierro (%), mediante operaciones de beneficio de materiales, por ejemplo, un proceso de separación magnética.

3. Adicionar materiales que son desechos de la producción (y que a la vez posean elevado contenido de hierro) para acercar la composición de la mezcla a la deseada (o más empleada) para la producción de pelets verdes o briquetas.

Para nuestro trabajo seleccionamos la última variante, considerando que las dos primeras pueden ser en un futuro estudiadas con mayor profundidad

La selección está acorde con el objetivo trazado de contribuir a la disminución de la contaminación ambiental en La Empresa " Antillana de Acero".

Hasta el momento el polvo de la depuradora del taller de Acería, la escama de molino y los finos originados durante la manipulación y tratamiento de la caliza constituyen tres contaminantes de peso.

Una vez seleccionados los materiales más idóneos y el método a emplear (pirometalúrgico de beneficio), fue necesario definir la forma más conveniente para conformar la masa antes de proceder a su elaboración ya que es muy usual la fabricación de pelets y de briquetas. En las condiciones de La Antillana, para fabricar los pelets hay instalado todo un equipamiento a partir del polvo de hierro acumulado en la depuradora (Se puede describir la instalación, para mayor brevedad solamente se cita). Una dificultad radicaba en que para las pruebas de laboratorio no era fácil adicionar la escama de molino, la caliza y el agente reductor (residuo de los finos de antracita). Debido a ello se realizó una búsqueda de algunos resultados de pruebas con briquetas y que además fueran fáciles de elaborar.

En la literatura [5] se reportan los resultados de las pruebas realizadas con briquetas de diámetro 22- 25 mm y altura 20-25 mm con la composición química prefijada. A partir de esa referencia se construyó un

molde capaz de producir briquetas de diámetro 20 mm y altura 20-25 mm. La presión de prensado varía de 4 - 6 Kg/cm². Como aglutinantes fueron seleccionados la caliza y la bentonita, por ser materiales de fácil adquisición y la empresa posee una planta de cal propia.

4. Composición química de las briquetas.

En la tabla 6 se hace referencia a la composición química de algunos elementos utilizados para la fabricación de briquetas verdes, forma esta muy utilizada durante la reducción de los óxidos de hierro.

Tabla 6. Composición química de los componentes utilizados para la fabricación de briquetas.

Componentes	%
Escama de molino	70,7
Carbón vegetal	7,6
Masa de carbón de piedra	10,2
Polvo metálico o virutas de arrabio	3,2
Polvo de ciclón (retorno)	8,3

En la tabla 7 se muestra la composición química de las briquetas.

Tabla 7. Composición química de briquetas con aglutinantes de carbono, [%].

Reductor	Fe _T	C _{sól}	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	S _T
Hollín	44,36	23,36	16,10	45,56	8,88	0,46	0,131
Semicoque	48,54	16,10	15,90	51,74	10,46	0,92	0,175
Coque de fundición	44,37	21,16	18,14	43,30	10,34	0,64	0,340
Coque de altos hornos	44,36	20,14	18,33	43,07	9,96	0,60	0,407
Antracita	44,08	21,81	18,04	42,89	9,94	0,57	0,638

Variación del parámetro

$$\frac{\% C_{sol}}{\% Fe_T} = 0,494 - 0,526 \text{ donde:}$$

C_{sól} = Carbón sólido
Fe_T = Hierro total

Selección de la masa y del aglutinante a emplear:

15-30% de carbono
<5% de aglutinante

5. Selección de los aglutinantes.

En la peletización de los minerales de hierro, la utilización de aglutinantes permite mejorar las propiedades mecánicas del aglomerado, es decir, resiste las condiciones de transporte y carga de la máquina de tratamiento. Entre los aglutinantes más utilizados tenemos: la bentonita y el sulfolignito.

La bentonita tiene como ventajas que al tener buena aptitud para absorber el agua :

- Contrarresta las variaciones del contenido de agua en el material que se alimenta al granulador.

- Evita la condensación del vapor en las superficies de las bolas situadas en las capas más frías del lecho.

Esta condensación conlleva a la deformación de las bolas por aplastamiento, a la reducción de la permeabilidad del lecho, además este aglutinante reduce la permeabilidad del lecho asegurando una resistencia en seco aceptable y un valor mínimo de resistencia a la caída. Reduce el crecimiento de la bola verde, siendo la reducción proporcional al contenido de bentonita añadido. Como desventajas le podemos citar que está compuesta por montmorillonita que es altamente plástica y al ponerse en contacto con el agua se hincha la estructura y se hace más plástico el aglutinante.

El sulfolignito que es el sulfato de lignina cálcico-magnésico es un residuo de la fabricación de celulosa en la industria del papel utilizando el método bisulfito (tiene precio comercial de la magnitud de la bentonita) Entre las ventajas que tiene su utilización podemos decir que contamos con :

- El aprovechamiento de un residuo de la industria del papel.
- La eliminación durante el tratamiento térmico, evitando la contaminación del producto.
- La sustitución de la bentonita

En las tablas 8y 9 aparece la influencia de dichos aglutinantes en las propiedades de los pelets verdes.

Tabla 8. Influencia de la Bentonita en las propiedades de los pelets verdes.

Indicadores	Proporciones		
	Adición de Bentonita [%]	0,0	0,5
Contenido de Agua de la Bola verde [%]	6,8	7,55	8,0
Resistencia en verde [Kg/pelet]	0,69	1,07	1,25
Número de caídas de 45 cm	2	3	4
Número de caídas de 30 cm	3	4,8	7
Resistencia en seco [Kg/pelet]	0,4	1,98	3,7

Tabla 9. Influencia de la adición de Sulfolignito

Ensayo	Resistencia Compresión en verde [Kg/pelet]	Nº de caídas [cm]		Resistencia compresión en seco [Kg/pelet]	Humedad [%]
		30	45		
A	1,11	5	3	15,5	7,0
B	0,99	4,6	3	6,8	6,8
C	0,83	4	3	9,93	7,2
D	0,85	4	3	6,6	7,4
E	0,7	4	3	7,4	7,1
F	0,73	4	3	2,98	6,8

6. Posible utilización de los polvos

En nuestro país el hormigón asfáltico no cuenta con una buena calidad. Esto sin contar que no poseemos con laboratorios que nos garanticen un buen control de la calidad en este material. Esta preocupación alentó estudiar la posibilidad de utilizar los polvos de hierro acumulados en la depuradora del taller acería eléctrica en la producción de hormigones asfálticos.

En Cuba se fabrican actualmente dos tipos de hormigón asfáltico:

- hormigón asfáltico en caliente.
- hormigón asfáltico en frío

El hormigón asfáltico en frío no es de mucha utilidad debido a que su resistencia a compresión, que es la propiedad más importante de un hormigón, es muy baja (50-60 Kg/cm²). Esto justifica que en el trabajo no se haga referencia al mismo.

El hormigón asfáltico caliente es una mezcla de áridos con una granulometría especificada y en cantidades fijar exactas., contiene además un determinado porcentaje de cemento asfáltico. Existen tres tipos de hormigón asfáltico caliente:

El fino.

El intermedio.

El grueso.

Preparación de las mezclas del hormigón asfáltico caliente.

Por medio del método Marshall, se determina el contenido óptimo de asfalto para una mezcla de áridos de una composición y granulometría dada.

Se confeccionan las probetas que deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Cada probeta necesita 1200g de áridos y unos 2kg de asfalto.
- La probeta debe medir 101.6 ± 0.25 mm como diámetro y $63,5 \pm 3,2$ mm de altura.

Compactación

Este paso tiene como objetivo confeccionar las probetas necesarias para la determinación de la estabilidad Marshall, fluencia o escurrimiento y la densidad aparente.

Para la confección de 3 probetas se toman por cuarteo y se pesan 1100g de mezcla asfáltica la que deberá tener una temperatura de 275⁰F-350⁰F. Se coloca el molde de compactación caliente sobre la base de compactación, se coloca un disco de papel de filtro o de estraza de 10cm de diámetro sobre la superficie de la base del molde. Se echa dentro del molde esa mezcla a la temperatura correcta evitando segregaciones del material y distribuyendo bien la mezcla dentro del molde por

medio de una espátula dando al final una forma redondeada a la superficie.

En éstas condiciones se aplica el número de golpes especificados (50 golpes). Después de apisonar la primera cara se desmonta el collar, se invierte el molde con la probeta, se vuelve a poner el collar y se aplican los golpes por la otra cara. Terminada la compactación, se desmonta el collar, se sumerge el molde con la probeta en un cubo con agua fría por lo menos 2 minutos. Una vez fría la muestra se saca del molde por medio del gato extractor; colocando la probeta sobre una superficie lisa y suave hasta que se ensayen. Las probetas son enumeradas o identificadas, se enfrían a temperatura ambiente para ser ensayadas en cualquier momento.

Ensayo físico de estabilidad Marshall y fluencia o escurrimiento.

Estabilidad Marshall : Es la carga máxima que resiste la probeta de hormigón asfáltico a 140°F (60 °C) cuando se realiza el ensayo de rotura a compresión.

Fluencia o escurrimiento: Variación de diámetro que como consecuencia de la plasticidad sufre la probeta en el ensayo de estabilidad entre la carga 0 y el instante de la rotura.

Procedimiento:

1.-Se sumergen las probetas en un baño de agua a 60°C ± 0.5°C, durante 20 minutos.

2.-Se limpian perfectamente las superficies interiores de las mordazas de rotura y se engrasan las varillas de guía con una película de aceite, para que se deslice libremente.

3.-Se saca la probeta del baño y se seca cuidadosamente su superficie con un paño. Se coloca centrada sobre la mordaza inferior; se monta la mordaza superior y el conjunto se sitúa centrado en la prensa. El medidor del escurrimiento se coloca en su posición cero.

4.-Se aplica entonces la carga a la probeta a una velocidad de deformación constante de 50,8 mm/minuto, hasta que se produce la rotura. El punto de rotura viene definido por la carga máxima obtenida. Los kilogramos necesarios para producir la rotura de la probeta a 60°C son los valores de la estabilidad Marshall

5.-Mientras se está determinando la estabilidad se mantiene el medidor de deformación y cuando se llega a la carga máxima se lee. Ésta lectura es el valor del escurrimiento o deformación expresada en centésimas de pulgadas.

6.-Los valores de estabilidad de las probetas cuya altura no está comprendida dentro de la tolerancia 63.5±1.8", se corrigen en función del procedimiento utilizado en el texto Temas sobre materiales de la construcción del autor José E. Segueiro.

7. Algunas pruebas realizadas

Determinación de la densidad aparente de las probetas

Se toma la probeta y se procede a pesar la misma obteniéndose el peso de la probeta en el aire sin parafina, a continuación se sumerge 2 veces en un baño de parafina que se

encuentra a una temperatura de 140 F dejándola a temperatura ambiente hasta que se seque. Seguidamente se pesa la probeta parafinada, obteniéndose el peso de la probeta en el aire con parafina, a continuación se pesa la probeta en el agua con parafina.

La densidad aparente (D) se determina por una fórmula donde aparecen términos como :

- El peso de la probeta en el aire sin parafina.
- El peso de la probeta en el aire con parafina.
- El peso de la probeta en el agua con parafina
- El peso específico de la parafina empleada.

Otros ensayos que realizados son los de absorvancia, adherencia, y viscosidad. Los mismos le son realizados a los residuos sólidos (escoria y polvo) que son los nuevos constituyentes de nuestro hormigón asfáltico caliente. Las pruebas de estabilidad Marshall y fluencia o escurrimiento se realizaron en una prensa convencional debido a no contar con el aparato Marshall. No obstante para seis probetas los resultados fueron los siguientes:

- Resistencia a la compresión (Rc)
- $A=b \cdot h$
- $A=101,6 \cdot 63,5$ (mm)
- $A=6451,6$ mm²
- $Rc_1=80$ kgf/m², $Rc_2=75$ kgf/m²,
- $Rc_3=45$ kgf/m², $Rc_4=42$ kgf/m²,
- $Rc_5=78,5$ kgf/m², $Rc_6=81,3$ kgf/m²

Esta variación de la resistencia a compresión para cada una de las probetas se debe a que ellas difieren en cuanto a:

- Composición (asfalto, escoria, polvo, piedra).
- Cantidades o proporciones de los constituyentes.
- Condiciones de temperatura y tiempo de los ensayos.
- La deformación no se pudo medir por no contar con el medidor de deformación.

La densidad aparente no se determina por no ser una especificación importante de éste material.

En cuanto a la absorbencia, se introducen las seis probetas durante 10 días en abundante agua y cuando

fueron pesadas sólo variaban en $\pm 0,01$ % considerándose por tanto que están dentro de los límites admisibles. Se comparan los residuos objeto de la investigación y los áridos que ellos pudieran sustituir.

De acuerdo con informaciones existentes los áridos que se utilizan deben cumplir las siguientes condiciones mínimas:

- Deben estar uniformemente graduados, desde el tamaño máximo hasta el del polvo mineral, deben contener cantidades suficientes para reducir los huecos de los áridos compactados a dimensiones muy pequeñas.
- Deben estar libres de exceso de partículas elongadas con no más de 0,5% de arcilla y libre de álcalis.
- No han de tener absorción mayor de 2%.
- El % de humedad en los agregados no podrá ser mayor de un 6%.

8. Conclusiones

El estudio realizado permite arribar a las siguientes conclusiones :

- En el taller de acería eléctrica se genera una gran cantidad de polvo metálico con un contenido apreciable de Fe_2O_3 y de Fe_T , suficientes para ser utilizados como material base en la producción de pelets. El contenido de SiO_2 está en rango inferior para pelets prereducidos.
- La escama de los molinos de laminación es un elemento que se puede aprovechar para la fabricación de briquetas metálicas y pelets prereducidos.
- Los residuos sólidos del taller acería eléctrica cumplen con las condiciones establecidas para ser utilizados en la producción de hormigón asfáltico.

- Las pruebas preliminares de resistencia a la compresión del hormigón asfáltico que contenía escoria y polvo de hierro superaron en resistencia al hormigón asfáltico convencional siempre y cuando se cumpla con las dosificaciones especificadas en el trabajo.

9. Recomendaciones

- Utilizar el método del briqueteado de los desechos metálicos formados por el polvo de la acería, la escama de molino, caliza y aglutinantes como una vía para la disminución de la contaminación en el taller de acería eléctrica.
- Caracterizar las briquetas obtenidas en instalaciones especiales con el fin de medir su resistencia al desgaste y a la compresión.

10. Bibliografía:

- 1.-Resultado de las investigaciones sobre el beneficio de las colas de Nicaro. F/0080.
- 2.-Tulin N. A. Kudriatsev B.C. y otros. Desarrollo de la metalurgia sin coque, Moscú, 1987.
- 3.-Hans Bodo Lungen., Rolf Steffen., .Metallurgical Plant and Technology. International. October 1998. Comparison of production costs for hot metal and sponge iron.
- 4.-Queen Been Direct From Midrex. An American Direct Reduction Renaissance. 2nd Quarter 1998.
- 5.-Senguden Charles.,Tole A., “Colectores de polvo”. , Curso Teórico-Práctico. Ciudad Guayana. 1997.

Use of powder produced by electric arc furnaces at steel plants.

Summary

The powder generated by electric arc furnaces at steel plants is the result of processes such as the production of steel, the purification of gases and, capturing air equipment .

This article shows a method for recycling waste material – powder in this case- which also contributes to improve the steel plant environment, provides the possibility of improving asphalt paving and makes the production of steel cheaper through the commercialization of waste materials.

Key words: Powder, binder, tests, chemical composition.