

Alternativas para el reciclaje de las arenas residuales de la fundición

ARTURO PLASENCIA IZQUIERDO*

Introducción

La industria de la fundición usa grandes volúmenes de arenas sílicas en el proceso de moldeo y de fundición; estas arenas son usadas y reusadas varias veces hasta que sus propiedades se agotan y, por lo tanto, han de tirarse o disponerse en algún lugar en donde no ocasionen daños ambientales. Desafortunadamente, en el Estado de México no existen confinamientos para residuos industriales peligrosos y no peligrosos, que permitan de manera económica deshacerse de tales desechos.

El presente artículo tiene por objeto definir, describir y presentar de manera panorámica algunos estudios realizados por algunas empresas para el posible reciclamiento de las arenas residuales de la fundición;

los estudios son tendientes a dar solución a los problemas e intereses ambientales que las empresas generan.

I. Descripción de las arenas sílicas

La arena sílica, es un material pétreo de apariencia granular extraída de bancos de arena o de minas; las arenas sílicas han sido lavadas y procesadas para darles un revestimiento con resinas fenólicas como agentes de curado, lubricado y adhesivo, para manufacturar los moldes y corazones usados en la producción de piezas en la fundición del metal. Son solicitadas bajo diversas especificaciones de densidad, compactabilidad, peso y contenido.

La inhalación prolongada de las arenas sílicas en forma de polvo causa la enfermedad pulmonar llamada silicosis; el polvo puede generarse durante el transporte, el manejo, o después del vaciado; puede causar irritación en piel sensible, desprende humos en el proceso térmico debido a las resinas fenólicas en forma de amoníaco, fenol y formaldehído y bióxido de carbono

junto con vapor de agua. En su manejo no existe riesgo de incendio o explosiones; finalmente, su control es sencillo tomando las precauciones de manejo, como usar mascarillas, guantes y ropa adecuada, procurar que haya buena ventilación en los almacenes, evitar su ingestión y, en caso dado, contar con buena atención médica para cada caso.

II. Las arenas residuales

En la mayor parte de los procesos de fundición, se practica el reciclaje de las arenas hasta que estas pierden sus propiedades granulométricas; estas propiedades afectan la calidad de los productos de la fundición. En algunas industrias el volumen de desecho significa un verdadero problema: almacenaje, costos por extracción y transporte, permisos y análisis químicos para la clasificación y disposición final requeridos para el debido confinamiento.

Una tonelada de arenas residuales que cumpla con las especificaciones requeridas por las NTE para ser deshechadas, puede llegar a costar 135.60 nuevos pesos (N\$) o 43.20 dólares –en números redondos–, sin considerar los costos de separación de metales que se han mezclado en las arenas residuales (proceso que se debe realizar en la planta). Dicho valor por tonelada es muy significativo cuando se manejan grandes volúmenes; algunas empresas gastan por este precepto N\$ 9,167.00 diarios o más de un millón de dólares al año, valor que varía para más o para menos, según la distancia de la planta a la zona de confinamiento autorizado.

* Investigador del Centro de Investigación en Arquitectura, Ingeniería y Tecnología de la UAEM.

TABLA 1

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FILTRACION DE LA AFS

	NORMAS DE AGUA WAUPACA PARA BEBER		BRILLION	FALK	SUELO NATIVO
PRIMARIO					
ARSÉNICO	0.05	<0.28	<0.28	<0.28	<0.28
BARIO	1.0	0.032	<0.01	0.122	0.48
CADMIO	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
CROMO	0.05	0.012	0.038	0.025	0.068
PLOMO	0.05	<0.11	<0.11	<0.11	0.248
MERCURIO	0.002	<0.014	<0.014	<0.014	<0.014
SELENIO	0.01	<0.19	<0.19	<0.19	<0.19
FLUORURO	2.44	1.69	1.874	2.10	0.61
SECUNDARIO					
COBRE	1	0.113	0.075	0.136	1.58
HIERRO	0.3	1.56	0.56	0.628	0.59
MANGANESO	0.05	0.035	0.033	0.013	0.48
ZINC	5	0.10	0.098	0.079	1.54
TDS	500	602	324	1,083	101
PH	6.5 - 8.5	8.7	8.8	10.3	6.1
SULFATO	250	82.2	54.9	6.5	3.2
CLORURO	250	18.7	13.9	11.3	22.6
MISCELANEOS					
DUREZA		17.9	6.1	<5.0	117
ALCALINIDAD		113.6	86.7	645.8	13
TOC		29.3	12.5	64.3	3.7
NA		96.2	65.0	353.1	4.8
FENÓLES		<0.1	0.17	<0.1	<0.1
CIANURO		<0.025	<0.250	<0.025	0.027
KJELDAHL-N		<4	<4	<4	<4

TODAS LAS CONCENTRACIONES EN MG/L, EXCEPTO EL PH.

III. Problemática

Hoy existe un conjunto de conceptos erróneos sobre el manejo y la disposición final de la gran mayoría de residuos de tipo y origen industrial, por lo que la sociedad rechaza la mayoría de los confinamientos y crea problemas políticos entre las autoridades y los productores, conflictos respaldados en la disparidad de criterios ambientales; unos, por la necesidad de deshacerse de los residuos y otros, por la exigencia de proteger el ambiente. Las crisis no son otra cosa que desconocimiento del avance científico, tecnológico y cultural de la sociedad y del significado de contaminar -como lo es en nuestro caso- con arenas residuales de los procesos de fundición.

Veamos los resultados de una investigación conducida por la Universidad de Wisconsin, que sirvió para evaluar el impacto ambiental por el uso de arenas sílicas producidas por tres grandes plantas fundidoras de Estados Unidos en la construcción de caminos, durante el periodo 1985-1989.

IV. Metodología

El trabajo fue conducido en tres etapas:

1. Extensas pruebas de laboratorio fueron conducidas en las arenas de fundición de tres fundidoras de hierro durante un año. Las tres fundidoras participan

tes fueron la de Waupaca, la Corporación Falk y la trabajadora de Hierro Brillion. Las pruebas de filtración incluyeron pruebas de toxicidad de EP (Protección Ambiental, por sus siglas en inglés) y pruebas de filtración de agua de la AFS (Sociedad Americana de la Fundición). Las pruebas de filtración fueron conducidas también en muestras de suelo de varias partes del estado de Wisconsin y en las arenas que serían usadas en la construcción de caminos (Raeger, 1987; Wellender, 1988).

2. El monitoreo de la calidad de filtrado y de agua subterránea fue conducido alrededor de «pilas de prueba», de arena de fundición y de arena nativa planeada para el uso en la construcción de un camino de Waupaca, Wisconsin.

Los materiales fueron colocados en hileras de pilas, con alturas de 5,10 y 15 pies. Las pilas fueron sostenidas por sistemas de recolección de filtrado, de tal manera que se pudiera monitorear el volumen y la calidad de agua del filtrado que pasara a través de las arenas (Levejoy, 1989).

3. El monitoreo del agua subterránea fue conducido en el sitio de un camino existente, donde la arena de fundición fue usada en la construcción de un viaducto que pasa sobre un dique.

Aproximadamente 10,000 yardas cúbicas de arena de fundición fueron usadas en la construcción. El grosor máximo de la arena fue de 15 pies, con un grosor promedio de alrededor de 5 pies y una tapa de arcilla de 2 pies de suelo nativo. La cantidad de suelo nativo usada en el dique fue mayor que la cantidad de arena de fundición. El monitoreo fue conducido antes y después de que la arena fuese usada en la construcción del camino. Dos lisímetros fueron colocados bajo la arena, y pozos de monitoreo fueron instalados con gradientes ascendentes y descendentes del sitio.

V. Resultados de la prueba de filtración

Todas las arenas de fundición probaron ser no-peligrosas, en concordancia con los criterios de la USEPA (Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos).

Los resultados promedio de la prueba de filtración de agua de las tres fundidoras se presentan en la tabla 1, junto con los resultados promedio del suelo nativo. Los parámetros de mayor interés de las tres fundidoras de hierro gris participantes son fluoruro, hierro, pH y Sólidos Disueltos Totales (TDS, por sus siglas en inglés). Hierro, TDS y pH son parámetros secundarios más que primarios del agua para beber. Generalmente, el criterio para parámetros primarios del agua para beber está basado en los efectos sobre la salud, mientras que el criterio para parámetros secundarios del agua para beber está basado en los efectos tanto de sabor como

estéticos. Los parámetros listados fueron filtrados a concentraciones más altas que los suelos nativos.

En varios parámetros, los suelos nativos dieron concentraciones promedio más altas en las pruebas de filtración que las arenas de fundición, incluyendo bario, cromo, plomo, cobre, manganeso, zinc y cianuros. Las concentraciones de cromo y plomo en los filtrados de aguas de los suelos nativos estuvieron por encima de las normas primarias del agua para beber (MCL). Las concentraciones de plomo, en particular, estuvieron por encima de la norma. La concentración promedio de plomo del suelo nativo en la prueba de filtración del agua fue de 0.248 mg/1, y la concentración máxima fue de 1.2 mg/1. La MCL es de 0.05 mg/1.

El análisis estadístico de la información de la prueba de la filtración indica que el flujo de las muestras examinadas varía poco en el tiempo con respecto a sus características de filtración. Las muestras fueron recolectadas y analizadas mensualmente durante un año.

VI. Filtrado del lisímetro

Los resultados de los lisímetros del suelo nativo y de la arena de fundición son presentados en la tabla 2. Ambas »pilas», tanto la de suelo natural como la de arena de fundición, filtraron constituyentes por encima de las normas del agua para beber. Los constituyentes filtrados

incluyen arsénico, cromo, manganeso y TDS. El cloruro excedió la norma del agua para beber en una muestra del filtrado de la arena de fundición. Los filtrados de los suelos nativos y de la arena de fundición tuvieron generalmente características químicas similares.

Con base en los resultados de la prueba de filtración, el suelo del sitio en Waupaca tiene un potencial de filtración bajo, comparado con otros suelos de Wisconsin. El suelo del sitio en Waupaca también resultó más permeable que la arena de fundición, y permitió pasar un mayor volumen de agua a través del suelo. El suelo soltó una cantidad de substituyentes mayor que la arena de fundición para todos los parámetros, con concentraciones consistentemente por encima del límite de detección. *En consecuencia, aún los suelos relativamente limpios en Waupaca tienen un mayor potencial del impacto en el agua subterránea que la arena de fundición.*

En general, la mayor porción de constituyentes filtrables fueron soltados en los primeros meses de muestreo, sugiriendo que cualquier impacto en el agua subterránea sería temporal.

VII. Variabilidad de resultados de muestras ambientales

Se encontró arsénico en concentraciones por encima de 1 mg/1 en muestras de filtrado de arena de fundición y de

TABLA 2
COMPARACION DE LAS CONCENTRACIONES DE PRUEBA DE FILTRACION Y EL FILTRADO DE LISIMETROS PARA DESPERDICIOS Y SUELO EN EL SITIO EN WAUPACA

PARAMETROS	DWS	DESPERDICIO		SUELO ARENA DE CONSTRUCCIÓN	
		PROMEDIO DE LA PRUEBA	PROMEDIO LISIMETRODE	PRUEBA FILTRACIÓN	PROMEDIO LISOMETRO
PRIMARIO					
ARSÉNICO	0.05	<0.28	2.40*	<0.28	0.55*
BARIO	1.0	0.032	0.13	0.05	0.06
CADMIO	0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02
CROMO	0.05	0.012	0.03	<0.021	0.02
PLOMO	0.05	<0.11	<0.1	<0.1	<0.1
MERCURIO	0.002	<0.014	<0.01	<0.01	<0.01
SELENIO	0.01	<0.19	<0.02	<0.10	<0.02
FLORURO	2.0	1.69	<0.4	0.05	<0.4
SECUNDARIO					
COBRE	1.0	0.113	0.028	<0.03	1.58
HIERRO	0.3	1.56	0.161	0.01	0.59
MANGANESO	0.05	0.035	0.011	0.04	0.48
ZINC	5.0	0.10	0.173	0.02	1.54
PH	6.5 - 8.5	8.7	6.6-8	7.28	6.1
SULFATO	250	82.2	2.2	14.4	3.2
CLORURO	250	18.7	<10	43	22.6
TDS	500	602	33	348	101
MISCELANEOS					
DUREZA		17.9	204	11.5	190
ALCALINIDAD		113.6	65	<10	95
TOC		29.3	53	1.36	9.4
SODIO		96.2	51	<0.28	14
FENÓLES		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
CIANURO		<0.025	<0.025	<0.025	0.025
KJELDAH-N		<4	<4	<4	<4

NOTAS: SE SOSPECHA INTERFERENCIAS DE ORIGEN LOCAL Y ANALÍTICO.
TODAS LAS CONCENTRACIONES EN MHL, EXCEPTO EL PH.

TABLA 3
RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL SITIO (FROM ROADFIEL SITE) PRE-WASTE PALCEMENTE

UBICACION	GRADIENTES		GRADIENTE DESCENDIENTE	
	ASCENDENTE	POCO	MÁS	PROFUNDO
	DE POCA PROFUNDIDAD	PROFUNDO	PROFUNDO	PROFUNDO
PH	5.8	6 - 8	6 - 8	6 - 8
ALCALINIDAD	28	152 (68-243)	146 (108-184)	146 (108-184)
CLORURO	2	24 (6-40)	8(7-8)	8(7-8)
DUREZA	46	250(160-350)	195(172-215)	195(172-215)
SODIO	1.2	14 (11-20)	3(2.5-3.3)	3(2.5-3.3)
TDS	60	300(189-450)	220(220-222)	220(220-222)
SULFATO	12	36 (14-57)	30 (4.58)	30 (4.58)
COD	6	15 (8-21)	24 (23-25)	24 (23-25)
ARSENICO	<0.001	<0.002	<0.002	<0.002
CRONO	<0.001	<0.001	<0.001 - 0.001	<0.001 - 0.001
COBRE	<0.001	<0.0027 (0.0013 - 0.004)	0.002 (0.0015 - 0.002)	0.002 (0.0015 - 0.002)
HIERO	<0.10	<0.10	7.5(1.4-13.4)	7.5(1.4-13.4)
MANGANESO	<0.02	<0.020	0.5(0.22-0.72)	0.5(0.22-0.72)

NOTA: TODAS LAS UNIDADES EN MG/L, EXCEPTO EL PH.

suelo en los sitios de Waupaca y Appleton; tal concentración se encuentra por encima de la MCL, pero el arsénico no proviene de las arenas de fundición, sino que es de origen natural o bien es resultado de algún error de laboratorio. En cualquier caso, los resultados indican que parámetros inesperados puedan ser encontrados en muestras ambientales.

VIII. Análisis del agua subterránea en el área de reuso constructivo del camino.

Un análisis del agua subterránea de los pozos de gradientes ascendentes y descendentes previo a la colocación de arena de fundición en la construcción del camino, indica que el camino mismo tiene un impacto en la calidad del agua subterránea de poca profundidad (tabla 3). Alcalinidad, cloruro, dureza, sodio, sulfato, cobre y TDS aparecieron elevados en los pozos de gradiente ascendente. El monitoreo del agua subterránea del sitio y la elevación de los resultados continúan.

Conclusiones

Los resultados del proyecto demuestran que los materiales de fundición pueden ser usados en la construcción de caminos con mínimo efecto perjudicial al ambiente.

Las arenas examinadas soltaron cantidades totales más bajas que las del suelo relativamente limpio usado en la comparación. Ambas pilas, la de suelo y la de arena de fundición, filtraron algunos parámetros en el sitio de prueba ligeramente más altos que las normas del agua para beber. Los sitios de prueba son modelo del peor caso de filtración, ya que la arena de fundición fue colocada en grandes pilas descubiertas sin ninguna restricción en la precipitación de la infiltración. Las arenas de fundición usadas en la construcción de caminos se encontrarían ya sea bajo la base del camino o en diaques inclinados, en los cuales la vasta mayoría de la

precipitación escurriría por la inclinación, en vez de infiltrarse a través de la arena de fundición. Las actividades del camino resultaron en elevados valores de alcalinidad, cloruro, dureza, sodio, sulfato y TDS en el agua subterránea de poca profundidad con gradiente descendente del camino, previo a la colocación de arena de funciones.

La prueba de filtración de agua en suelos de diferentes áreas en el estado muestran que los suelos nativos pueden filtrar concentraciones de varios parámetros plomo -notablemente-, por encima de las normas del agua para beber. La cantidad promedio del filtrado del suelo fue mucho peor que la calidad del filtrado de las tres arenas de fundición examinadas.

El reuso de arenas de fundición como material de construcción de caminos no sólo provee un reuso constructivo para un gran volumen de producto secundario, también preserva un recurso natural y provee un material que probablemente tenga menor potencial de filtración que el suelo nativo.

Con base en la información provista, no hay razón para sugerir la construcción de un forro de arcilla o de una cubierta de arcilla cuando productos secundarios de fundición similares a aquellos utilizados en esta investigación sean usados. Además, creemos que es factible desarrollar guías numéricas para la evaluación de opciones de reuso apropiado y provechoso de las arenas de fundición de hierro. •

BIBLIOGRAFÍA

Ham, R.K., W.C. Boyie, F.J. Blaha, T.P. Kunes, D.G. Nichols, and R.R. Stanforth. (1985). "Leachate and groundwater quality in and around ferrous foundry landfills and comparison to leach test results." *Report to the American Foundrymens Society*. Des Plaines, II.

Lovehoy, M.A., R.K. Ham, and W.C. Boyie. (1989). "Evaluation of foundry wastes for use in highway construction." *Progress report to the Wisconsin Department of Natural Resources and Transportation*.

Lovelace, G.L, Undated. *Site construction documentation report: foundry sand embankment project ID Number 6220-0371*. Wisconsin Department of Transportation. Wausaw, Wisconsin.

Traeger, P.A. (1987). *Evaluation of constructivo use of foundry wastes in highway construction. Phase A - Waste Identification and Characterization*. M.S. Thesis, University of Wisconsin-Madison.

Wellender, D. (1988). *Evaluation of the use of foundry sands in highway construction*. M.S. Thesis. U. Wisconsin-Madison.