



USO PRODUCTIVO DE LOS FINOS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE ÁRIDOS LA VICTORIA EN LA PRODUCCIÓN DE MORTEROS DE ALBAÑILERÍA

Rayda Crespo Castillo

Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción, Carretera Casablanca Finca El Ingenito, CP, Cuba; raida@ctdmc.co.cu

RESUMEN

La deposición de los residuos de la industria minera específicamente los del proceso del lavado de áridos, en balsas y vertederos controlados, resulta insuficiente para el almacenamiento de los grandes volúmenes que se generan. Esta situación, ocasiona afectaciones sobre el medio natural con alteración de grandes extensiones de terrenos, y un lento proceso de restauración.

En la actualidad los volúmenes almacenados desde hace más de 25 años, no permiten la reutilización de estas lagunas o diques. Este problema crítico puede ir en aumento si no hallamos una solución inmediata al respecto. Una de las aplicaciones más adaptable de la reutilización de los finos residuales del lavado de áridos en la industria de la construcción es la producción de morteros de albañilería lo que generaría beneficios en la modificación del método de disposición actual, nuevas aplicaciones del residuo que ayudarían a la disminución de los volúmenes de almacenamiento existentes, así como grandes ahorros de material virgen de los yacimientos y de energía en su explotación.

Para realizar este estudio se ejecutaron una serie de trabajos en los diques de deposición relacionados con la determinación de las áreas de extracción, la toma de muestras en cada una de las calas de las áreas seleccionadas para la realización de los ensayos de caracterización de este residuo, pruebas de colocación del material estudiado, y la evaluación técnico económica para su beneficio tecnológico e introducción en la construcción.

Palabras Clave: morteros de albañilería, lodos, resistencia a la compresión.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más importantes en el tratamiento de áridos con defloculantes es la generación de lodos. Las operaciones de lavado del material permiten eliminar las arcillas y el polvo que en ocasiones se encuentra mezclado con el árido, y que pueden alterar la adherencia con otros materiales como el cemento o la cal.

Desde hace algunos años, la mayoría de las instalaciones de lavado de áridos han ido incorporando Clarificadores de Alto Rendimiento, obteniéndose por un lado, agua clarificada que se recircula a la planta, y por otro, un lodo concentrado que se envía a las balsas de secado.

La instalación de nuevas maquinarias y equipos para el lavado final de la arena beneficiada, ha incrementado la obtención de los áridos finos con una mayor calidad, minimiza las pérdidas en la producción y favorecen un ahorro en los consumos de agua y energía.

Teniendo en cuenta la necesidad de materiales de construcción existentes en la actualidad para la edificación de diferentes obras de carácter social y económico, en los "Lineamientos de la Política Económica y Social de la Revolución", se trazan pautas sobre el ahorro de materiales de la construcción y de buscar alternativas locales y territoriales para la explotación y aumento de la comercialización de áridos y otros materiales necesarios para el desarrollo económico del país.



El estudio se realizó, en la planta de producción de áridos La Victoria II y III donde se puntualizaron aspectos del funcionamiento actual del flujo tecnológico, y detalles del proceso de vertimiento de los lodos residuales.

Actualmente el vertimiento de estos lodos se ha convertido en un problema que está afectando el funcionamiento de la Planta, por lo que se han visto en la necesidad de comenzar a habilitar nuevas balsas para la deposición de los mismos, a la vez que se busca una opción de reúso del residuo depuesto por años.

En la planta de áridos Victoria II está instalado un sistema de Hidrociclón con Clarificador, que recupera una alta cantidad de finos. El agua que se utiliza en el proceso de lavado proviene de la presa La Escuelita y de ahí regresa por gravedad a un depósito cercano a la planta, de donde se bombea hacia los lavadores por otra tubería aérea, paralela a la del lodo.

El proceso de clasificación por vía húmeda que se emplea produce una elevada cantidad de lodos densos con abundantes “finos” en suspensión. Según estadísticas la generación de lodos producto del lavado de áridos se encuentra entre un 15-20% por tonelada métrica en su base húmeda. Parte del lodo residual de las plantas Victoria II y III, también se encuentra inundando el patio de almacenaje de la arena.

Para la selección del lugar donde se realizaría la toma de muestras se visitaron dos balsas o diques de los empleados para el almacenamiento de los lodos.

Estos diques representan áreas de gran extensión y en ambos casos la continua deposición durante años ha ido acumulando cientos de miles de metros cúbicos de estos residuales, que se han cubierto de una tupida vegetación herbácea.

El Dique No1 fue el área propuesta por la Empresa de Canteras para realizar la extracción del material. Se ubica al fondo de la planta Victoria III y presenta suficientes condiciones para la explotación, en él no se realizan vertimientos desde hace varios años.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la zona de las excavaciones se ejecutaron 9 huecos con una profundidad de 3 a 4 m y con una distancia de 10 m entre cada una de ellas.

El material no muestra una composición homogénea, en los huecos se encuentra distribuido por capas que muestran a simple vista la contaminación por material arcilloso y la presencia de la materia orgánica, contraproducentes para efectuar su carga, almacenamiento e introducción de manera inmediata en la industria.



Fig. 1 Diferentes capas de sedimentación gradual del lodo residual.

Con el avance en la extracción hacia el interior de los huecos comienza a parecer el lodo húmedo y ocurren derrumbes de las franjas superiores.



Se aprecian algunas franjas que evidencian un aumento del contenido de lodos muy pastosos y en otros aunque en menor cuantía también se aprecia la presencia del lodo el cual deben ser eliminado mediante un proceso de beneficio que incluya el lavado y tamizado y la clasificación del material más fino para obtener áridos limpios que respondan a las necesidades de ciertas aplicaciones de la industria.

Un primer grupo de las muestras tomadas fueron enviadas a los laboratorios del CTDMC, para la caracterización del lodo residual, que incluye los ensayos referentes a la composición química, pesos volumétricos y específicos, contenido de materia orgánica, humedad, granulometría, tamiz 200, equivalente de arena, y azul de metileno.

La literatura plantea que partículas blandas de baja densidad tales como los terrones de arcillas, mica, madera, carbón, y piritas de hierro en contenidos mayores del 2 al 5 % del peso total de los áridos pueden ocasionar afectaciones en el proceso de endurecimiento del cemento y disminuir la resistencia de los diferentes materiales de construcción.

Después de una inspección visual a las muestras recibidas se determinó que no contaban con la limpieza y características adecuadas para la realización de estos estudios.

El lodo residual que compone este dique no se corresponde con el material estudiado anteriormente por investigadores del centro.



Fig.2 Presencia de materia orgánica de origen animal y vegetal, en el lodo residual del Dique No.1

El segundo dique visitado está ubicado en las proximidades de Victoria II, y en él aún se realizan vertimientos del lodo de la planta.



Fig.3 Extensas áreas de metros cúbicos de estos residuales cubiertos de una tupida vegetación con arbustos, pinos y palmas.

En este lugar los vecinos de la zona ya venían realizando varias calas de 2 a 3 metros de profundidad, en las que se observan bien definidas las anchas capas de lodos y de arena muy fina, la cual extraen por presentar una granulometría apropiada para su empleo en la construcción. Se valoró la posibilidad de emplear la retroexcavadora en el área que está más cercana del desagüe, donde se puede encontrar mayor cantidad de árido fino, pues a medida que se avanza el terreno se vuelve más enlodado



Fig.5 Vecinos de la zona extrayendo la arena fina

Parte experimental

Los estudios de aprovechamiento de los lodos en la fabricación de diversos materiales de construcción muestran la necesidad de evaluar los siguientes ensayos de caracterización, que determinan el comportamiento de variables críticas como la resistencia a la compresión y la absorción:

- Ensayo de humedad
- Determinación de la composición físico- química y mineralógica por difracción de rayos X (con secado previo durante 24 horas a 105°C)
- Determinación del Peso Volumétrico
- Determinación del Peso Específico
- Contenido de materia orgánica
- Granulometría
- Tamiz 200
- Equivalente de arena
- Azul de metileno
- Plasticidad a través de los límites de Attemberg.

Caracterización del lodo residual

En este trabajo se evaluó el uso del lodo de la planta de tratamiento de áridos La Victoria en la fabricación de morteros de albañilería.

De forma general se observa una homogeneidad en los resultados obtenidos de cada muestra extraída de las calas.

Tabla I Caracterización física del Lodo Residual Victoria

Muestras	PVS, g/cm ³	PVC, g/cm ³	PEC, g/cm ³	PEA, g/cm ³	PES, g/cm ³	Humedad, %
LV 1	1283	1404	2,64	2,66	2,68	6,5
LV 2	1287	1407	2,52	2,53	2,56	7,1
LV 3	1248	1377	2,60	2,62	2,65	6,6
LV 4	1354	1396	2,58	2,60	2,64	7,2
LV 5	1378	1399	2,61	2,63	2,67	5,8
LV 6	1181	1330	2,57	2,58	2,59	7,5
LV 7	1210	1348	2,60	2,61	2,63	5,8
LV 8	1173	1324	2,47	2,48	2,48	3,9
LV 9	1196	1326	2.64	2.66	2.68	9,7



Tabla II Caracterización química del Lodo Residual Victoria

LODO	Mineral predominante, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	PPI	RI
LV 1	14,72	3,42	3,83	34,45	1,35	0,10	39,56	16,98
LV 2	15,95	4,64	1,91	34,45	1,34	0,14	40,08	17,24
LV 3	14,68	3,84	1,91	34,45	1,35	0,18	39,85	16,00
LV 4	13,96	3,37	3,83	34,45	1,36	0,16	39,54	17,83
LV 5	15,96	2,44	3,84	39,83	2,32	0,16	34,28	19,46
LV 6	17,00	2,10	3,83	38,76	2,32	0,12	35,22	17,41
LV 7	17,80	3,86	1,91	38,22	3,09	0,13	33,25	22,78
LV 8	31,08	3,57	1,91	25,84	2,32	0,06	33,88	21,77
LV 9	25,26	3,63	3,83	26,91	2,32	0,09	35,95	17,34

Tabla III Análisis granulométrico del Lodo Residual Victoria

LODO	Tamiz, mm						Módulo de finura	Tamiz 200 (%)	Azul de Metileno (g/kg)
	4,76	2,38	1, 19	0,59	0,297	0,149			
LV	100	97	86	77	68	41	1.4	32.6	2.5

Se realizó el ensayo de granulometría a cada muestra de las calas seleccionadas y posteriormente se elaboró un composito para de forma general determinar el tamaño de las partículas del residuo.

El análisis granulométrico mostró que las partículas sólidas que conforman los lodos son finas, de tamaño reducido, y con predominio de limos.

El Límite de Atterberg del lodo mostró un Límite líquido (L.L) de 78.2%, un Límite plástico (L.P) de 74% y un Índice de plasticidad (IP) de 4.2%; teniendo en cuenta que este último es inferior a 7, el lodo se clasifica como material poco plástico y parcialmente adherente, características que son típicas de una arena, por lo que se considera adecuada la evaluación del reemplazo de la arena por este material

Caracterización mineralógica del Lodo Residual Victoria

Los minerales inorgánicos más abundantes del lodo son la calcita CaCO₃, como fase principal, con un 99.1%, y la crisolitas con un 0.9%. El cuarzo αSiO₂ mas ferrosilita (Fe₂Mg) SiO₃, del grupo de las piroxena aparecen en bajas concentraciones. En esta muestra se detectaron residuos de fracción arcillosa del grupo de las esmectitas en porcentajes muy bajos.

Análisis Petrográfico del Lodo Residual Victoria

Predomina el carbonato de calcio en forma de matriz criptocristalina (0.01mm) y también puede encontrarse en cristales independientes (0,054 mm). Algunos cristales presentan forma de tablillas



alargadas, anhedral y rómbica. La matriz encierra granos terrígenos (<5%), como feldespatos (0.068 mm aproximadamente), máficos (0.033 mm) y óxidos e hidróxidos de hierro.

Elaboración de las probetas

Se elaboraron varias dosificaciones para obtener las características físico- mecánicas de los morteros ensayados.

Tabla IV Dosificaciones Volumétricas y Gravimétricas empleadas

Nº	C	A	L	Cemento (kg)	Arena Victoria (kg)	LV (kg)	Agua	Fluidez	a/c
LV1	1		3	387.5	-	1.412	355	100	0.90
LV2	1		5	262.5	-	1.595	375	102	1.42
LV3	1	3	1	313	1.156	380	260	100	0.83
LV4	1	3	2	275	1017	668	285	103	1.03
LV5	1	4	1	250	1233	304	300	110	1.20

Tabla V Preparación de morteros de albañilería con Lodo Residual Victoria

Lodo	Dosif. Vol.	Retención de Agua %	Absorción Capilar a los 3 d, g/cm ²	Resistencia Flexión a 28 d (MPa)	Resist. Compresión a 28 d (MPa)	Adherencia (MPa)
LV	1:3	91	3.2	3.8	10.3	0.24
	1:5	91	2.6	1.6	9.1	0.22
	1:3:1	86	2.5	2.9	8.9	0.32
	1:3:2	81	2.8	3.3	8.8	0.35
	1:4:1	84	2.7	2.1	6.8	0.41



Fig. 6 Pruebas de colocación



RESULTADOS

Los resultados de la granulometría, módulo de finura, peso volumétrico, peso específico corriente del lodo demuestran que cumple con los rangos establecidos según las referencias de la normativa cubana.

El porcentaje de absorción, también indican el cumplimiento de los valores establecidos por la norma ya que este valor supera los 2.5 g/cm³ y el porcentaje de absorción está por debajo del tres %.

El porcentaje de material más fino que el tamiz 200 es elevado, superando el valor indicado en las especificaciones de la norma cubana, (<5%).

Los ensayos realizados al lodo residual indicaron que el de tamiz 200 no cumplen con los requerimientos establecidos por las normas cubanas por lo que implica que este material no pueda ser utilizado para hormigones de altas resistencias pero sí para la elaboración de otros elementos constructivos como, hormigones fluidos de baja resistencia, morteros, bloques, entre otros materiales.

Los resultados muestran que es recomendable continuar explorando esta alternativa de aprovechamiento y es viable incorporar estos lodos en reemplazo parcial de uno de los materiales constitutivos del mortero, realizando una previa reducción de la humedad. Los morteros obtenidos cumplen con las características normadas para su uso como morteros de albañilería.

Esta implementación permitiría reducir costos de producción, además de minimizar los impactos ambientales por el vertimiento de estos lodos directamente al terreno.

En lugares donde pueden ser atacados por el intemperismo es recomendable el empleo de cal en las dosificaciones para lograr un ligero aumento de la adherencia, y de la resistencia.

CONCLUSIONES

- Los lodos caracterizados pertenecientes a la plantas de tratamiento de áridos La Victoria, cumplen de forma general con los requisitos que se les exigen a los áridos finos destinados a morteros de albañilería y se pueden considerar como filler limpio.
- La presencia de material arcilloso y materia orgánica en el lodo es contraproducente para efectuar los procesos de carga, almacenamiento e introducción de manera inmediata en la industria.
- Deben ser eliminados mediante un beneficio que incluya el lavado, tamizado y la clasificación del material más fino para obtener áridos limpios que respondan a las necesidades de ciertas aplicaciones de la industria.
- La presencia de lodo hace que disminuya la resistencia mecánica del mortero. Esta disminución es importante considerarla ante la afectación que puede causar la aplicación práctica de esta adicción. Los discretos valores de resistencias mecánicas indican que las muestras pudieran ser empleadas en ciertas labores de albañilería, pues oscilan entre 2 - 13 MPa y la norma admite valores entre 2.4 y 12.4 MPa.
- Pueden ser empleados como mortero de asentamiento, o material de relleno en la colocación de ladrillos o bloques y como mortero de revestimiento y repello fino sobre resano en interiores manteniendo siempre el control sobre la dosificación y la relación a/c de la mezcla.



- Dadas las características físico- mecánicas de los materiales estudiados, y los resultados obtenidos, no es aconsejable su uso para aplicaciones estructurales en la construcción, donde se requiera de altos valores de resistencia.

BIBLIOGRAFÍA

De Araujo F.; Leite J. Y., De Araújo A., Ingunza M. (2005), Caracterización de Materias-Primas para el reúso de Lodo de ETE en Productos Cerámicos, 23 Congreso Brasileño de Ingeniería Sanitaria e Ambiental, Campo Grande, Brasil

Álvarez, J. L., Gayoso R. Tesis de maestría. " Morteros de albañilería para edificaciones nuevas y antiguas". Diciembre, 1996.

Menéndez, J. " Una lección sobre morteros. Ingeniero Civil y Arquitecto.

Revista IMCYC, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto Vol. 23, No.175, Noviembre 1985.

Revista "Hormigón y Concreto". Revista Técnica. Febrero 1997, No 768 España.

Singer F y Singer S. "Cerámica Industrial", Tomos 8, 9,10, Edición Olmo, España, 1971.

Compendio de normas.

NC 54 205: 80. Cemento Pórtland. Especificaciones de calidad.

NC 54 207: 82. Cementos. Ensayos físico- mecánicos.

NC 44-18:84. Minerales. Arena Sílice. Análisis Químico

NC 54-27:85. Cales y Calizas. Determinación de carbonatos totales (CT)

NC 178: 2002- Áridos. Análisis granulométrico.

NC 179: 2002- Áridos. Determinación del contenido de partícula de arcilla. Método de ensayo.

NC 54-29: 84- Materiales y productos de la construcción. Áridos. Toma de muestras.

NC 54-395: 87- Materiales de la construcción. Áridos. Términos y definiciones.

NC 180: 2002- Áridos. Determinación de partículas ligeras. Método de ensayo.

NC 181:2002-: Áridos. Determinación del peso volumétrico. Método de ensayo.

NC 182: 2002- Áridos. Determinación del material más fino que el tamiz de 0.074 mm (no. 200). Método de ensayo.

NC 185: 2002- Áridos. Determinación de Impurezas orgánicas

NC 186:2002 Arena. Peso específico y absorción de agua

NC 187:2002 Árido grueso. Peso específico y absorción de agua

NC 251: 2002- Áridos para hormigones hidráulicos — Requisitos

NC-54- 160 "Materiales y productos de la construcción. Ladrillos macizos. Especificaciones de la calidad"

NC 656: 2002- Morteros de albañilería. Dosificaciones

NC 54 175: 2002. Morteros de albañilería. Especificaciones de calidad.

UNE 933-9:1998 Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos.

Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo del Azul de metileno.

Norma ASTM C –144-84 " Áridos para morteros de asiento en muros de bloques y ladrillos"

Norma ASTM C –897-95 "Áridos para morteros de repellos y recubrimientos".