

**Efecto del
desperdicio de
una siderúrgica
en bases y subbases
granulares**

Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina
ISSN 0124-8170, N° 13
(Págs. 25 - 29)

ÓSCAR J. REYES ORTIZ*
JAVIER FERNANDO CAMACHO TAUTA**
GRUPO INVESTIGACIÓN GEOTECNIA
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

Resumen

El artículo describe el objetivo, metodología, análisis y conclusiones de varios estudios experimentales realizados en los Laboratorios de la Universidad Militar Nueva Granada para determinar la viabilidad del empleo del desperdicio de alto horno generada por la siderúrgica de Boyacá en la mejora de las propiedades mecánicas de las bases y subbases granulares empleadas para la construcción de una estructura de pavimentos, mediante la ejecución de los ensayos proctor estándar y modificado y C.B.R. de laboratorio.

La metodología empleada para el desarrollo de las investigaciones se efectuó en primera fase con

* *Ingeniero Civil y Magíster en Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes. Especialista en Finanzas de la Universidad del Rosario. Jefe del Área de Geotecnia de la Universidad Militar Nueva Granada*

** *Ingeniero Civil Universidad Militar Nueva Granada. Magister en Ingeniería Civil de la Universidad de Los Andes. Docente tiempo completo de la Universidad Militar Nueva Granada*

una caracterización del material granular y el material de desperdicio para emplear como reemplazo, posteriormente con la determinación de los porcentajes óptimos de humedad y resistencia del material virgen y con reemplazo, finalizando con los análisis y conclusiones.

Palabras clave: Estructura de pavimento, desperdicio de alto horno de una siderúrgica, ensayo proctor y C.B.R.

INTRODUCCIÓN

Los crecientes problemas ambientales y energéticos del planeta se convierten en una variable primordial para la ejecución de cualquier obra civil. En el caso particular de la infraestructura vial el incremento de las cargas por eje en los vehículos pesados, el desarrollo de la tecnología automotriz y la carencia de materiales granulares con propiedades mecánicas y físicas acorde con las necesidades, han hecho que las instituciones de investigación adelanten procesos para desarrollar aditivos, los cuales generan o estabilizan las propiedades mecánicas de las capas que conforman la estructura de pavimento. Prueba de ello son las investigaciones sobre materiales del tipo polímeros que se introducen en las capas asfálticas, el empleo de cemento o cal en las bases y subbases granulares y aceites sulfonados en las subrasantes [1].

Con la preocupación del impacto ambiental que generan algunos materiales en el ambiente, se desarrollaron diferentes investigaciones en los laboratorios de la Universidad Militar Nueva Granada, con el fin de determinar la influencia que tiene el desperdicio generado en el proceso de la elaboración del acero en las capas de bases y subbases granulares que conforman una estructura de pavimento.

MARCO TEÓRICO

El desperdicio de la siderúrgica o escoria de cuchara, se forma a partir de la fusión de impurezas de minerales agregados al proceso de producción de acero, con el fin de separar los óxidos como la alúmina y el silice que permite hacer la mezcla necesaria para la elaboración del mismo. La extracción de la escoria líquida de cuchara se hace aproximadamente a 1400°C, por ser esta la temperatura a la cual se hace la colada [2]. El enfriamiento puede ser rápido o lento dependiendo del proceso de extracción, se puede obtener escoria granulada con la característica de endurecerse al contacto con el agua cuando su enfriamiento es rápido y escoria cristalizada si el enfriamiento es lento [3].

La escoria de aceración se separa durante y al final del proceso, obteniendo desperdicio con características diferentes tanto física como químicamente. La figura 1 muestra el diagrama de flujo de la producción de la escoria en el proceso siderúrgico.

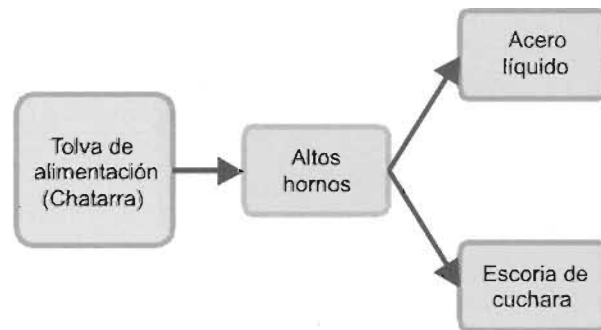


Figura No. 1. Proceso Siderúrgico

METODOLOGÍA

El desarrollo de las investigaciones experimentales en el laboratorio se realizó en primera instancia con la caracterización del material granular con

los ensayos de granulometría, contenido de materia orgánica, desgaste en la máquina de los Ángeles, equivalentes de arena, límites de Atterberg entre otros [4]. Posteriormente se determinaron las propiedades mecánicas y físicas del material para utilizar como reemplazo del granular (desperdicio de la siderúrgica).

Con las características mecánicas del material granular y las curvas granulométricas SBG (sub-base granular) y BG-1 y BG-2 (Bases granular tipo 1 y tipo 2) [5], se procedió a realizar el ensayo proctor modificado a cada una para determinar la humedad óptima y con esta realizar los ensayos de CBR, cuyos resultados corresponden a la muestra patrón para todos los ensayos, posteriormente se procedió a reemplazar material por desperdicio de los tamices No. 10, 40, 200 y fondo. Adicionalmente, se realizó el reemplazo como un porcentaje del peso total de las muestras (1.5, 2.5, 3.5, 5.0, 6.5 y 8.0%).

Para analizar de la incidencia del desperdicio en las propiedades del material granular, se calculó la variación porcentual de las propiedades con respecto a la muestra patrón sin inclusión de desperdicio.

PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MINERALÓGICAS DE LAS ESCORIAS

En la tabla No. 1 se encuentra la composición de la escoria de la Siderúrgica de Boyacá, empleada en el estudio.

La escoria se extrae de la colada a una temperatura de 1400 °C, lo cual genera pérdida de cualquier contenido de materia orgánica. Esta pérdida pudo ser comprobada en esta investigación por la determinación del contenido orgánico en suelos mediante pérdida por ignición. En la tabla No. 2, se tiene la granulometría de la escoria de la siderúrgica de Boyacá, empleada en la investigación.

Compuesto		Porcentaje (%)
Óxido de calcio	CaO	46.5
Óxido de silicio	SiO ₂	19.6
Óxido de hierro	FeO	0.7
Óxido de magnesio	MgO	1.2
	P ₂ O ₅	0.01
Azúfre	S	0.7
	Al ₂ O ₃	2.15

Tabla No. 1. Composición de la Escoria de la Siderurgia de Boyacá

Tamiz	% Retenido	% Ret. Acum.	% Pasa
1 1/2"	0.00	0.00	100.00
1"	3.20	3.20	96.80
3/4"	1.32	4.52	95.48
3/8"	9.30	13.82	86.18
4	7.83	21.66	78.34
10	12.18	33.84	66.16
20	12.45	46.28	53.72
40	11.01	57.30	42.70
80	12.22	69.51	30.49
100	13.63	83.14	16.86
200	11.24	94.39	5.61
Pasa 200	5.61	100.00	0.00

Tabla No. 2. Granulometría Escoria de la Siderúrgica de Boyacá

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la figura No. 3 se presenta la variación en la densidad seca con la adición de desperdicio de alto horno para diferentes tipos de granulometría. Únicamente se presenta mejora entre 1 y 3% en la granulometría tipo BG-2 y esta mejoría aumenta cuando se reemplaza material por escoria de tamaño más grueso (tamaños retenidos tamiz No. 10). Adicionalmente se observa que para las granulometrías BG-1 y SBG, existe un decremento acentuado de la densidad a medida que se reemplaza el material granular por desperdicio para las partículas más finas.

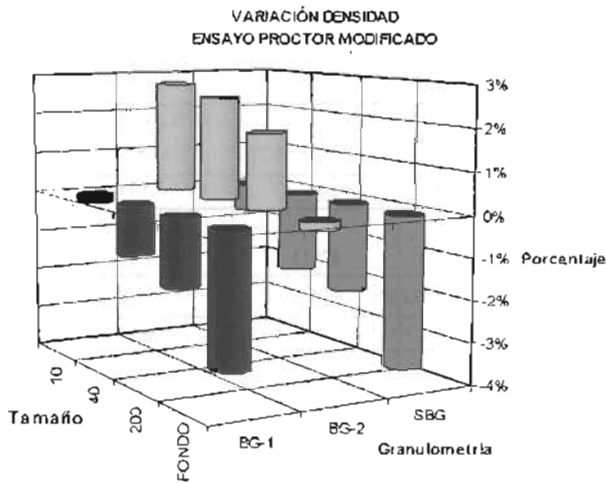


Figura No. 3. Variación de la densidad seca

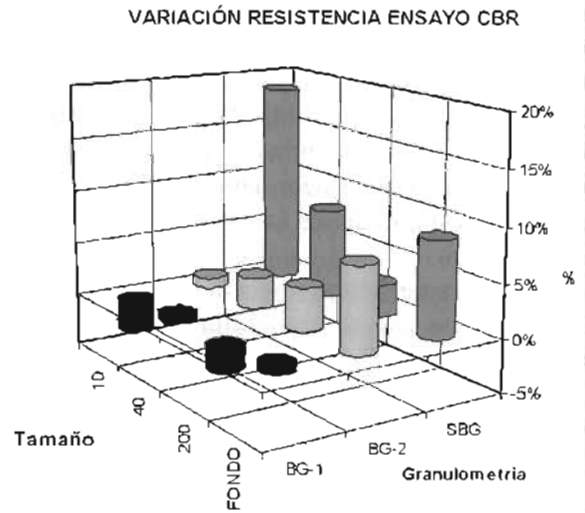


Figura No. 4. Variación de la resistencia (Ensayo C.B.R.)

En la figura No. 4 se muestra la variación de la resistencia con el ensayo C.B.R. con la adición del desperdicio de alto horno para diferentes tipos de granulometría. Se resalta que para subbases granulares se encontró que sin importar el material de reemplazo, siempre se presentaba incremento de la resistencia. Siendo el óptimo para reemplazo del tamiz No. 10 y con un porcentaje de 18%. Para la base granulares BG-2, todos los porcentajes determinaron incremento de la resistencia, su valor máximo (8%) se obtuvo para el reemplazo con material pasa tamiz No. 200. Para la base granular BG-1, los resultados no fueron satisfactorios, ya que no se presentaron incrementos significativos, hasta el punto de obtener un descenso para los reemplazos de pasa tamiz No. 10 y 200.

y 26 golpes siempre existe un incremento de la resistencia y dicho valor oscila entre 80 y 260%, sin embargo, para la compactación mayor (55 golpes, para porcentajes altos (8%), se presenta un descenso de la resistencia en 23%.

En la figura No. 5, se presenta la variación en la densidad seca y la resistencia con el ensayo C.B.R. a diferentes niveles de compactación con la adición de desperdicio de alto horno para la base granular tipo 2. Se observa que sin importar el porcentaje de escoria que se reemplace en la muestra, la densidad presenta incrementos que oscilan entre 0.22% y 3.6%. De igual manera, se percibe que para niveles de compactación de 12

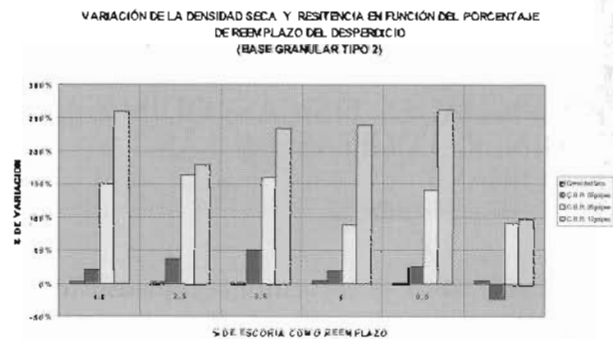


Figura No. 5. Variación Densidad y C.B.R.

CONCLUSIONES

Mediante este proceso experimental se estudiaron diferentes opciones de mejoramiento o estabilización de las propiedades de las bases y subbases

granulares según curvas granulométricas medias del Instituto Nacional de Vías, encontrando que al introducir desperdicio del alto horno de la Siderúrgica de Boyacá, se incrementó la densidad seca y la resistencia de las bases y subbases granulares. De igual manera se pudo concluir que el cambiar materiales de diferentes tamaños (tamices No. 10, 40, 200 y fondo), se presentaba incremento de la densidad y la resistencia mediante el análisis de los ensayos de proctor y C.B.R. de laboratorio.

Por último, se reemplazo por material de desperdicio de alto horno con respecto al peso total de las muestras de material de la granulometría media de base granular tipo 2, obteniendo incrementos en densidad y resistencia sin importar el nivel de compactación ni el porcentaje que varió entre el 1.5 – 8.0%.

Su posible utilización lograría incrementar la resistencia y densidad de la estructura de pavimento, especialmente donde no se dispone de materiales de calidades óptimas o los métodos convencionales son de difícil ejecución.

Como recomendación final, es necesario continuar con este tipo de investigaciones, empleando diferentes rangos de dosificación, combinando dos o más materiales y evaluando otros parámetros que pueden intervenir en la resistencia y durabilidad de las soluciones propuestas.

REFERENCIAS

- [1] Alcaldía Mayor Santa fe de Bogotá - IDU – Uniandes. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA SANTA FE DE BOGOTÁ. IDU. Bogotá. 2000.
- [2] Fagua, Nestor. ESTABILIZACIÓN DE BASES Y SUBBASES CON LA ESCORIA DE LA SIDERÚRGICA DE BOYACÁ. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá. 2001.
- [3] López, M. Lucrecia. USO DE ESCORIA PARA MEJORAR BASES Y SUBBASES GRANULARES. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá. 2002.
- [4] Bowles, Joseph. MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL. Segunda edición. McGraw Hill. México. 1982.
- [5] Instituto Nacional de Vías - INVIAS. NORMAS DE ENSAYO DE MATERIALES PARA CARRETERAS. Tomo I y II. INVIAS. Bogotá. 1998.
- [6] Escorias siderúrgicas. MEMORIA TÉCNICA DE LAS PRIMERAS JORNADAS TÉCNICAS DE ESCORIA SIDERÚRGICAS. 1985.
- [7] Reyes Lizcano, Fredy Alberto. DISEÑO RACIONAL DE PAVIMENTOS. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 2003.