



FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
ESPECIALIZACIÓN O MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS  
BOGOTÁ D.C.

**LICENCIA CREATIVE COMMONS:** Atribución no comercial.

**AÑO DE ELABORACIÓN:** 2017

**TÍTULO:** Análisis mineralógico, químico y porosimétrico de agregados pétreos para posterior uso en mezclas asfálticas

**AUTOR (ES):** González González, David Orlando; Pachón Gómez, Ferney Alonso y Pulido Roncancio, Fredy Alejandro

**DIRECTOR:** Ruge Cárdenas, Juan Carlos

**MODALIDAD:** Trabajo de investigación

**PÁGINAS:** 62 **TABLAS:** 4 **CUADROS:** 0 **FIGURAS:** 20 **ANEXOS:** 1

**CONTENIDO:**

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADO
2. MARCOS DE REFERENCIA
3. METODOLOGÍA
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

**DESCRIPCIÓN:** A medida que el tiempo ha transcurrido en la historia de la ingeniería civil y de los materiales de construcción, las técnicas de evaluación de los materiales han evolucionado en pro de obtener los mejores métodos y herramientas para lograr determinar detalladamente las características de los materiales de construcción que se requieren en el desarrollo de infraestructura vial. En el presente documento se plantea el uso de ensayos no convencionales

**RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN  
- RAE -**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
de Colombia  
Vigilada Mineducación

RIUCaC

para determinar características mineralógicas, químicas y de porosidad del agregado pétreo, que posteriormente se usará como componente en las mezclas asfálticas. De esta manera se pretende conocer más afondo el comportamiento que puede presentar el agregado en el desempeño del concreto asfáltico.

**METODOLOGÍA:** Los ensayos que se plantean específicamente son: Difracción de Rayos X (DRX), análisis químico por Fluorescencia de Rayos X (FRX), análisis petrofísico para estimación de la porosidad, análisis de porosidad, garganta poral y composición mineralógica por el método de Microscopio Electrónico de Barrido (SEM). Los ensayos mencionados permiten conocer con gran detalle los minerales que conforman el agregado, la estabilidad química y el porcentaje de porosidad y garganta poral presentes en el componente pétreo. A través del desarrollo de la investigación y de los análisis realizados se determina la importancia de realizar ensayos no convencionales para evaluar las características que usualmente no se tienen en cuenta y que son de gran importancia para garantizar el buen desempeño de la mezcla asfáltica tales como la resistencia mecánica, degradación, pulimiento, fricción, comportamiento eléctrico, capacidad de absorción y liga entre el agregado – asfalto, entre otras.

**PALABRAS CLAVE:** MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, AGREGADOS PÉTREOS, MEZCLAS ASFÁLTICAS, CONCRETO ASFÁLTICO.

**CONCLUSIONES:**

La influencia mineralógica de un agregado pétreo en la mezcla asfáltica es de gran importancia, porque permite determinar si un agregado pétreo es altamente vulnerable a los agentes climáticos como lo son: humedad, lluvia, sequía, cambios drásticos de temperatura, congelamiento y deshielo.

La composición mineralógica de un agregado permite determinar aspectos como la dureza, la resistencia a la abrasión de los agregados, y parámetros como el pulimento y la fricción propia del agregado, que son influyentes en el comportamiento de una mezcla asfáltica.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de los análisis mineralógicos por Difracción de Rayos X (DRX) y por Fluorescencia de Rayos X (FRX), se infiere que la composición mineralógica del agregado analizado se centra en el cuarzo, resaltando que por el método DRX se obtuvo que el 100% de la muestra analizada es cuarzo y por el método FRX el 88.31% de la muestra es cuarzo.



Se afirma que el agregado analizado aportaría gran resistencia mecánica a una mezcla debido a su composición mineralógica ( $\text{SiO}_2$ ), que le otorga la mayor dureza que alcanzan los materiales usados en construcción según la escala de Mohs, con un valor de siete (7), así como una baja susceptibilidad química. Lo anterior se traduce en un excelente comportamiento ante la acción de los agentes atmosféricos.

Debido al alto porcentaje de cuarzo hallado en el agregado estudiado y teniendo en cuenta que es el componente más duro de las rocas de construcción, es preciso resaltar la alta resistencia al corte y al pulimento.

Los agentes nocivos para este tipo de composición mineral son el ácido fluorhídrico y, en menor proporción, el hidróxido potásico.

Por otra parte, debido a que el componente mineralógico del agregado es el dióxido de silicio, o sílice ( $\text{SiO}_2$ ), estructuralmente es una red tridimensional que se genera cuando todos los átomos de oxígeno de cada tetraedro son compartidos con tetraedros adyacentes. Por consiguiente, el material es eléctricamente neutro y todos los átomos tienen estructuras electrónicas estables, lo cual indica que el agregado no presentará ninguna reacción de rechazo eléctrico cuando se realice la mezcla asfáltica y se dé el contacto agregado–ligante asfáltico.

Debido a que el agregado en estudio, está compuesto por minerales como el cuarzo de baja afinidad con el asfalto y el mineral illita (que es susceptible a expansión por la presencia de agua), la adhesividad entre los agregados y los ligante asfálticos no sería buena y puede provocar la separación del ligante asfáltico con el agregado con mayor facilidad por acción de la humedad (Stripping); Por lo anterior, sería necesario el uso de agentes emulsionantes que mejoren la afinidad partícula-asfalto y que repelan el agua en contacto.

Desde el punto de vista mineralógico, el agregado pétreo estudiado se puede utilizar como materia prima en la producción de las mezclas asfálticas.

Los agregados pétreos estudiados tienen una porosidad muy baja, casi nula (0%-3%), teniendo en cuenta que se obtuvieron resultados consistentes entre los dos métodos aplicados (Porosidad con Helio y Porosidad SEM), y que las muestras seleccionadas para cada método, presentaban grandes diferencias texturales entre sí.



En los análisis de porosidad y/o garganta poral por el método del Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) y en la estimación de porosidad por Helio, se evidencio que en las muestras de agregado en estudio poseen un porcentaje muy bajo o casi nulo de porosidad, lo cual implica que al unirlo con el ligante asfáltico, la penetración de este cementante no permite una cohesión adecuada desde la parte interna de la partícula, lo que provocaría que su propiedad de aglomerante no se vea favorecida para resistir la acción mecánica producida por las cargas o las inclemencias climáticas, siendo una mezcla más vulnerable a sufrir el fenómeno del Stripping.

En caso de usar agregados pétreos de muy baja porosidad para mezclas asfálticas, como lo es el agregado pétreo del presente estudio, es recomendable usar un aditivo que mejore su propiedad de ligante y recubrimiento total del área superficial del agregado.

Es de gran importancia realizar estudios sobre la mezcla asfáltica que se produce con el agregado analizado en el presente trabajo, con el propósito de contrastar los resultados obtenidos en el presente estudio, precisarlos, esclarecer y/o confirmar la ocurrencia del fenómeno de Stripping por posibles factores inducidos a la porosidad del agregado o a la presencia de los diferentes tipos minerales presentes en el agregado.

Teniendo en cuenta la precisión de los resultados obtenidos, la tecnología empleada en la realización de los ensayos y la relevancia de los parámetros que se evalúan con respecto a los agregados pétreos, se considera de gran importancia para la industria de las mezclas asfáltica realizar éste tipo de ensayos, ya que en la actualidad no tienen la relevancia suficiente, quizá por el desconocimiento de los beneficios que brindan.

#### **FUENTES:**

Alcobé, X. (1998). *Análisis de fases por difracción de rayos X de polvo por el método de rietveld aspectos prácticos y ejemplos.*

American Petroleum Institute. (1998). *Recommended Practice 40 (2 ed.). Recommended Practices for Core Analysis.*

Asphalt Institute. (1997). *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hoya-Mix Types.* Lexington: The Asphalt Institute.



- Asphalt Institute. (1997). Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing. En *Superpave Series No. 1*. Lexington: The Asphalt Institute.
- ASTM International. (2008). *Petrographic Examination of Aggregates for Concrete*. ASTM C295.
- ASTM International. (2012). *Standard descriptive nomenclature for constituents of concrete aggregates*. ASTM C294.
- ASTM International. (2016). *Standard Specification for Concrete Aggregates*. ASTM C33.
- Beltrán, G. (2011). *Técnicas de microscopía y petrografía para caracterizar materiales de carreteras*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Brackman, R. (2010). *Caracterización mineralógica y fisicoquímica de agregados pétreos del occidente colombiano, utilizados en la fabricación de mezclas asfálticas*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Bragg, W. H. (1913). The reflection of X-rays by crystals. *Proceedings of the Royal Society of London*. 428-438.
- Buhrke, V. E. (1998). *Practical guide for the preparation of specimens for x-ray fluorescence and x-ray diffraction analysis*.
- Chiopera, S. & Bish, D. (2001). Baseline studies of The Clay Minerals Society source clays: Powder x-ray diffraction analysis. *Clays and clay minerals*, 49(5), 398-409.
- Ferreira, D. & Torres, K. (2014). *Caracterización física de agregados pétreos para concreto. Caso: Vista Hermosa (Mosquera) y Cantera CEMEX (Apulo)*. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia.
- Figuroa, N. & Ortiz, S. (2012). *Estudio petrográfico y mineralógico de granitoides y rocas afines utilizados como agregados pétreos en la cantera de explotación "Manuel Pertuz" del municipio de Santa Marta (Magdalena)*. Tesis de pregrado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.



- García, E. & Prado, L. (2005). *Estudio Comparativo del Slurry Seal utilizando agregados de tipo calcáreo y silicio como tratamientos para el mantenimiento y rehabilitación de superficies asfálticas* (Tesis de Pregrado). Maracaibo, Venezuela: Universidad Rafael Urdaneta.
- Garnica Anguas, P., Flores Flores, M. & Gómez López, J. A. (2005). Caracterización geomecánica de mezclas asfálticas. En *Publicación Técnica No. 267*. Sanfandila: Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Insituto Mexicano del Transporte.
- gmas+ - Soluciones Geocientíficas. (2016). *Reporte final de análisis mineralógico por DRX y de porosidad y garganta poral por SEM*. Bogotá D.C.: gmas+ Consultores.
- Gómez, I. & Arroyo, J. (Febrero de 2016). Universidad Complutence de Madrid - Centro de Asistencia a la Investigación. Obtenido de <https://www.ucm.es/tecnicasgeologicas/difraccion-de-rayos-x-drx>
- González, A. & Villa, E. (2012). *Caracterización de agregados pétreos de la cantera tritupisvar, ubicada en Santa Marta (Magdalena), para su uso en la elaboración de concreto*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- ICONTEC. (1996). *Método químico para determinar la reactividad potencial alcali-sílice de los agregados*. Norma Técnica Colombiana - NTC 175.
- ICONTEC. (2000). *Especificaciones de los agregados para concretos*. Norma Técnica Colombiana - NTC 194.
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2011). *Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público para Bogotá D.C.* Bogotá D.C.: IDU
- Instituto Nacional de Vías - INVIAS. (2007). *I.N.V.E. - 737-07 "Cubrimiento de los Agregados con Materiales Asfálticos en Presencia del Agua (Stripping)"*. Bogotá D.C., Colombia: Instituto Nacional de Vías.
- Lozada, H. & Valbuena, H. (2015). *Clasificación de la fracción fina de materiales provenientes de canteras aledañas a Bogotá, a partir de su valor de azul de*



*metileno y su relación con la clasificación por el sistema unificado y sistema ASSHTO.* Bogotá D.C.

Montero Olarte, J. (2004). *Aspectos petrológicos de los agregados pétreos para pavimentos en Colombia.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Montoya, D. & Reyes, G. (2005). *Geología de la Sabana de Bogotá.* Bogotá: Ministerio de Minas y Energía e Instituto Colombiano de Geología y Minería Ingeominas.

Moore, D. & Reynolds, R. (1997). *X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals.* New York: Oxford University Press.

National Asphalt Training Center. (2003). Background of Superpave Asphalt Mixture Design and Analysis. En *Demonstration Project 101*. Publication No. FHWA-SA-95-003.

Padilla Rodríguez, A. (2013). *Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista.* Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Rondón Quintana, H. A., Ruge Cárdenas, J. C. & Moreno Anselmi, L. Á. (2016). *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería* 24(4), Octubre.

Sociedad Colombiana de Geotecnia. (1992). *VII Jornadas Geotecnicas de la Ingeniería de Colombia.* Bogotá D.C.: Sociedad Colombiana de Ingenieros.

Thorez, J. (1976). *Practical identification of clay minerals.* Belgium: Editions G. Lelotte.

Torrence, M., Germaine, J., Zhang, G. & Whittle, A. (2003). A simple sample-mounting method for random powder X-RAY diffraction. *Clays and Clay Mineral*, 51(2), 218-255.

Veytskin, Y., Bobko, C., Castorena, C. & Kim, R. (2015). Nanoindentation Investigation of Asphalt Binder and Mastic Cohesion. *Construction and Building Materials*, 100, 163-171.

**RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN  
- RAE -**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
de Colombia  
Vigilada Mineducación

RIUCaC

Zargar, M., Ahmadinia, E., Asli, H., & Rehan, K. (2012). Investigation of the possibility of using waste cooking oil as a rejuvenating agent for aged bitumen. *Journal of Hazardous Materials*, 254-258. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389412006632>

**LISTA DE ANEXOS:**

CD con hojas de cálculo y todas las imágenes en tamaño original.