

Análisis de gravas y arenas de bancos de materiales para la construcción de las ciudades de Xalisco y Tepic, Nayarit, México

M.C. Carlos Alberto Hoyos Castellanos¹, M.I. Fernando Treviño Montemayor², Ing. Alberto González Peña³, Dr. José de Jesús Vázquez Magaña⁴, Gabriel Estrada Padilla⁵

Resumen: En este artículo se presentan los resultados del proyecto de investigación financiado por el programa PRODEP para los Cuerpos Académicos en Formación 2019, cuyo nombre es “Caracterización de los bancos de materiales pétreos para la elaboración de materiales de concreto en las ciudades de Tepic y Xalisco, Nayarit”. Es necesario realizar estudios periódicos de los bancos de materiales para determinar que se cumplen las normas aplicables a los materiales pétreos, con lo cual se contribuirá a mejorar la calidad de las construcciones en la región. Aquí se muestran los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a las arenas y gravas de los bancos de materiales que fueron contactados y aceptaron participar en este proyecto. Dichas pruebas fueron realizadas de acuerdo a los establecido en las Normas ONNCCE correspondientes, y ejecutadas por los alumnos y docentes del Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de Tepic, en el Laboratorio de Ingeniería Civil. Los resultados indican que 3 de los 4 bancos estudiados requieren mejor control de calidad de acuerdo a las granulometrías presentadas.

Palabras clave: Arenas, Gravas, Materiales pétreos, bancos de materiales.

Introducción

La construcción en general depende de manera básica de un elemento: el concreto. Éste puede tener muchas variantes en sus propiedades físicas y mecánicas, sin embargo, en todo momento debe cumplir los estándares de calidad que marca la normatividad aplicable. De acuerdo con Guzmán Reyes, Zambrano Gómez y Zaval de Gómez (2014), se requiere conocer las características físicas y mecánicas que los materiales de construcción presentan tanto individualmente como parte de una masa de concreto o asfalto.

En este documento se muestran los resultados de una investigación realizada para determinar las características que tienen los agregados pétreos de los diversos bancos de materiales disponibles en las ciudades de Tepic y Xalisco, Nayarit, que conforman la zona metropolitana conurbada en la que se asienta la capital del estado. Su finalidad es determinar las propiedades de los materiales que se generan en los principales bancos de materiales y que se utilizan de manera sistemática en la construcción en dichas ciudades, para comparar los resultados de los diferentes agregados y su comportamiento en la fabricación del concreto.

Para ello, existen una serie de normas y especificaciones que aplican en el tema a tratar, las cuales son expedidas por el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (ONNCCE). Éstas abarcan la gran mayoría de los temas a tratar en la construcción, y en esta investigación nos referiremos a ellas como el modelo a seguir para el cumplimiento de los procedimientos a aplicar a los materiales a estudiar.

Justificación

Como institución de educación superior, es necesario para el Tecnológico Nacional de México plantel Instituto Tecnológico de Tepic vincularse con el medio en el que se encuentra, incluyendo a los actores sociales, de la iniciativa privada y del gobierno. Con esta finalidad, se realizan convenios de vinculación con los diferentes sectores de la sociedad y se realizan proyectos de investigación que se enfoquen al desarrollo de la comunidad en su conjunto.

En la industria de la construcción, los materiales pétreos son insumos primordiales tanto para la fabricación de morteros como para concretos, los cuales son materiales que son de uso común en cualquier construcción. Es conveniente conocer las características de los materiales disponibles en el mercado de la construcción, ya que depende de ello para el cumplimiento de las normas aplicables y para el correcto diseño, elaboración, colocación, acabado y

¹ El M.C. Carlos Alberto Hoyos Castellanos es docente de tiempo completo de la carrera de Ingeniería Civil del Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Tepic. hoyoscarlos@ittepic.edu.mx (autor corresponsal)

² El M.I. Fernando Treviño Montemayor es docente de tiempo completo de la carrera de Ingeniería Civil del Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Tepic. ftrevino@ittepic.edu.mx

³ El Ing. Alberto González Peña es docente de tiempo completo de la carrera de Ingeniería Civil del Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Tepic. agonzalez@ittepic.edu.mx

⁴ El Dr. J. Jesús Vázquez Magaña es docente de tiempo completo de la carrera de Ingeniería Civil del Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Tepic. jvazquez@ittepic.edu.mx

⁵ Gabriel Estrada Padilla es alumno de Ingeniería Civil del Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Tepic. gaestrada@ittepic.edu.mx

curado de los morteros y concretos, con la finalidad de poder utilizarlos de manera correcta y asegurar la estabilidad estructural de las construcciones.

En la actualidad, no hay un estudio que asegure que los materiales pétreos disponibles en las ciudades de Tepic y Xalisco, Nayarit, cumplan con la normatividad, ni existe una guía que le indique a los constructores las posibles proporciones que deben utilizar para la fabricación de concreto de acuerdo al banco de materiales de donde hayan obtenido sus insumos. Sólo es posible asumir que, en honor a su ética y profesionalismo, los proveedores de concreto premezclado cuentan con los estudios y análisis correspondientes, los cuales les deben asegurar la calidad con que debe proveer sus productos y servicios.

Esto hace necesario que se desarrolle un estudio que determine las características de los materiales pétreos disponibles en la región, ofreciendo esta información de manera pública para que pueda ser utilizada por las diferentes compañías y constructores en el desarrollo de sus proyectos.

Desarrollo

Metodología utilizada

Las normas que aplican en la construcción son emitidas por el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. Las que aplicamos en el desarrollo de este proyecto de investigación se listan en la siguiente tabla:

No.	Clave	Título
1	NMX-C-030-ONNCCE-2004	Industria de la Construcción - Agregados - Muestreo
2	NMX-C-073-ONNCCE-2004	Industria de la Construcción – Agregados – Masa Volumétrica – Método de Prueba (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 2004)
3	NMX-C-077-1997-ONNCCE	Industria de la Construcción - Agregados para Concreto - Análisis Granulométrico - Método de Prueba
4	NMX-C-083-ONNCCE-2014	Industria de la Construcción – Concreto – Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes – Método de Ensayo (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 2014)
5	NMX-C-084-ONNCCE-2006	Industria de la Construcción – Agregados para Concreto – Partículas más finas que la criba 0.075 mm (No. 200) – Método de Prueba (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 2006)
6	NMC-C-088-ONNCCE-1997	Industria de la Construcción – Agregados – Determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 1997)
7	NMC-C-109-ONNCCE-2013	Industria de la Construcción – Concreto Hidráulico – Cabeceo de Especímenes (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 2013)
8	NMX-C-111-ONNCCE-2014	Industria de la Construcción – Agregados para concreto hidráulico – Especificaciones y Métodos de Ensayo (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 2014)
9	NMX-C-122-ONNCCE-2014	Industria de la Construcción – Agua para concreto – Especificaciones (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 2004)
10	NMX-C-128-ONNCCE-2013	Industria de la Construcción – Concreto sometido a compresión – Determinación del Módulo de Elasticidad Estático y Relación de Poisson (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 2013)
11	NMX-C-156-ONNCCE-2010	Industria de la Construcción – Concreto Hidráulico – Determinación del revenimiento en el concreto fresco (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 2010)

No.	Clave	Título
12	NMX-C-159-ONNCCE-2004	Industria de la Construcción – Concreto – Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 2004)
13	NMX-C-161-ONNCCE-2013	Industria de la Construcción – Concreto fresco – Muestreo (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 2013)
14	NMX-C-164-ONNCCE-2004	Industria de la Construcción – Agregados – Determinación de la densidad relativa y absorción de agua del agregado grueso (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 2014)
15	NMX-C-165-ONNCCE-2014	Industria de la Construcción – Agregados – Determinación de la densidad relativa y absorción de agua del agregado fino – Método de ensayo (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 2014)
16	NMX-C-166-ONNCCE-2006	Industria de la Construcción – Agregados – Contenido de agua por secado – Método de prueba (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 2006)
17	NMX-C-170-ONNCCE-1997	Industria de la Construcción – Agregados – Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 1997)
18	NMX-C-196-ONNCCE-2010	Industria de la Construcción – Agregados – Determinación de la resistencia a la degradación por abrasión e impacto de agregados gruesos usando la máquina de Los Ángeles (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., 2010)

Tabla 1. Normas del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. que se aplican en este proyecto.

El proyecto inició con la obtención del padrón de proveedores de materiales pétreos. Se procedió a realizar una serie de llamadas para contactarlos a cada uno de ellos para exponerles el proyecto e invitarlos a participar del proceso de investigación, ofreciéndoles de manera directa y confidencial los resultados de los análisis a los materiales que distribuyen. Algunos de los bancos aceptaron participar en el proyecto, otros no estaban en servicio o correspondían a otro tipo de materiales.

Posteriormente se obtuvieron de las pilas de cada banco de materiales participante, las muestras representativas de los agregados grueso y fino, de acuerdo a lo establecido en la NMX-C-030-ONNCCE-2004 (muestreo de los materiales), para ser trasladados al Laboratorio de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Tepic y posteriormente realizarles las pruebas de laboratorio correspondiente.

Para el análisis de la información se desarrolló una serie de hojas de Excel que ayudaron a realizar las operaciones de los cálculos, los cuales se basaron en las normas mencionadas en la tabla 1. Por medio de las hojas de Excel, se realizaron los reportes de los resultados que incluyen las gráficas de los resultados de las granulometrías que se muestran más adelante en este artículo.

Resultados de las pruebas de laboratorio

Se obtuvieron muestras de 4 bancos de materiales, denominados Santa Rita, Cladimaco, La Repisa y La Bendición. Cada una de ellos fueron contactados y visitados para la obtención de arena, grava $\frac{3}{4}$ " y grava 1- $\frac{1}{2}$ ", siendo transportados y almacenados en las instalaciones del Laboratorio de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Tepic. El proceso de muestreo de materiales se muestra en la imagen 1.



Imagen 1. Recolección de materiales en los bancos de materiales. Fuente propia

Cada muestra fue trabajada de acuerdo a lo que dictan las normas al respecto y se les realizaron las pruebas de laboratorio para determinar las granulometrías de arenas y gravas, así como la prueba de degradación de los ángeles, obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

Banco de Materiales Santa Rita

Los resultados de la granulometría de la arena muestran que sus características están bastante cercanas a lo que especifica la normatividad NMX-C-111-ONNCCE, excediendo sólo un poco el porcentaje que pasa en los materiales finos que son menores a la malla 50, como se muestra en la Imagen 2.

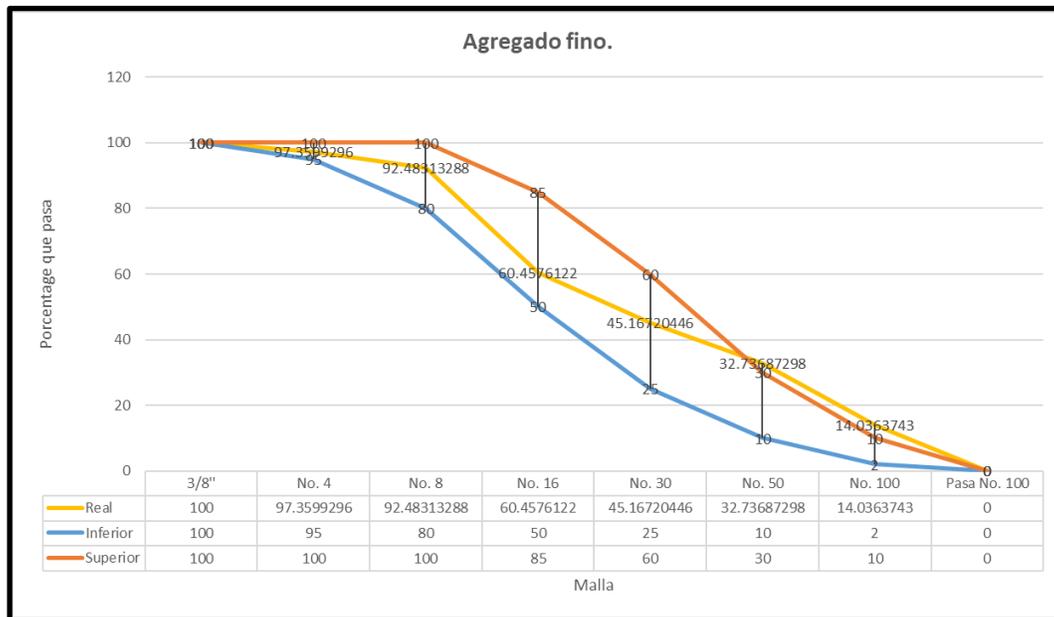


Imagen 2. Gráfica de granulometría de arena, Banco de Materiales Santa Rita. Fuente Propia

Los resultados de la granulometría de la grava 3/4" indican que sus partículas están por debajo de lo que indica la normatividad NMX-C-111-ONNCCE para el % que pasa, por lo que se recomienda hacer las correcciones correspondientes al proceso de fabricación para mejorar estos resultados. Esto se muestra en la Imagen 3.

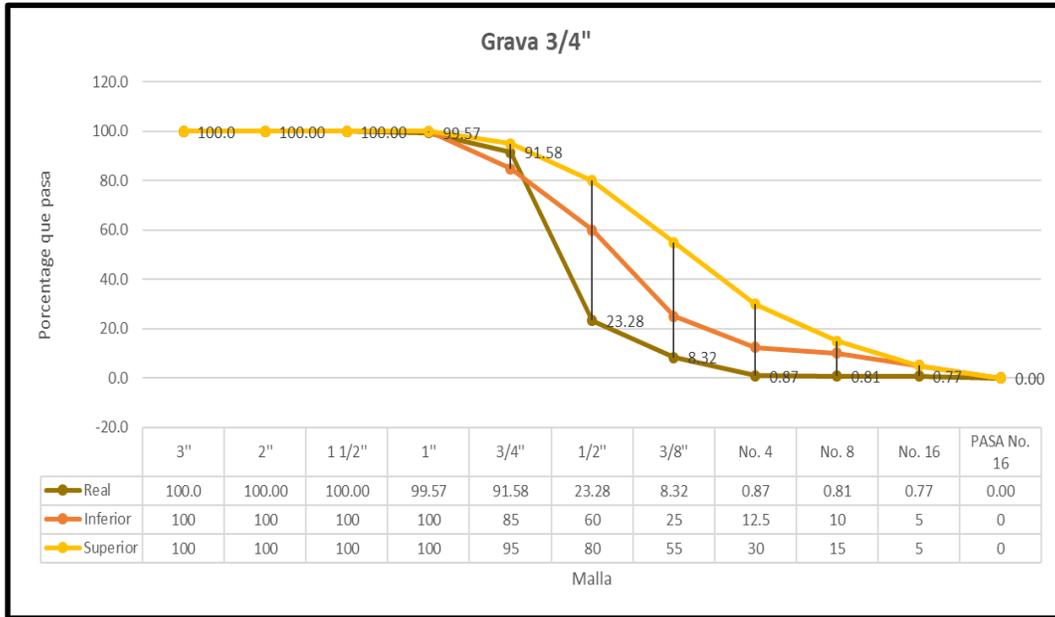


Imagen 3. Gráfica de granulometría de grava 3/4", Banco de Materiales Santa Rita. Fuente Propia

Los resultados de la granulometría de la grava 1-1/2" indican que sus partículas están fuera de lo que indica la normatividad NMX-C-111-ONNCCE, por lo que se recomienda hacer las correcciones correspondientes al proceso de fabricación para mejorar estos resultados (Imagen 4). Como puede observarse, la mayoría del material (93%) pasa la malla de 1 1/2" y se retiene (95%) en la de 1"; es de un tamaño muy uniforme con escasos tamaños superiores e inferiores a esas mallas, lo que no es lo recomendado para concretos normales.

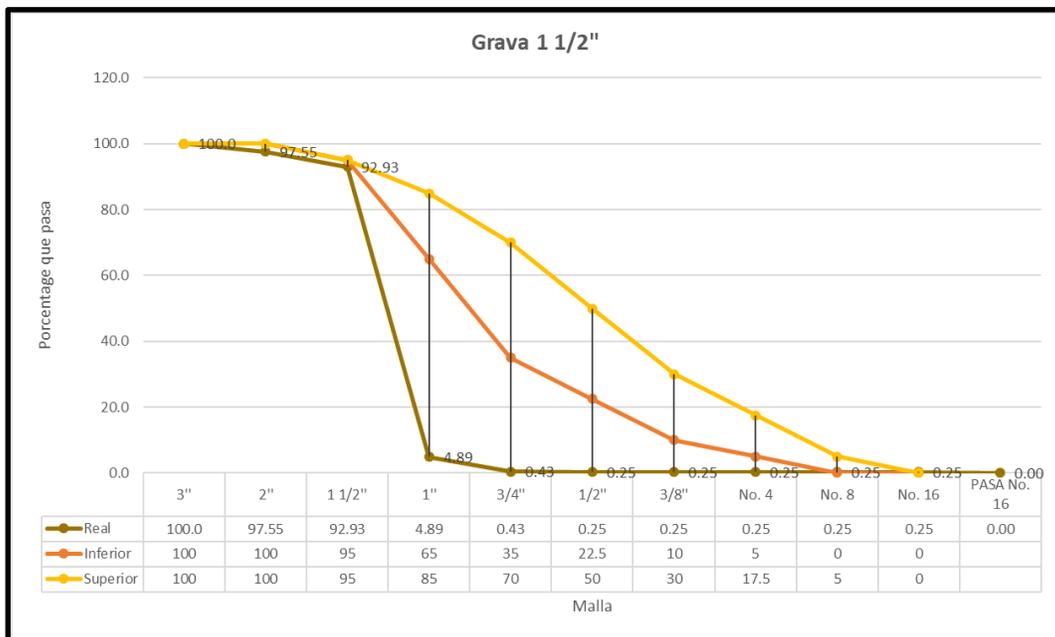


Imagen 4. Gráfica de granulometría de grava 1-1/2", Banco de Materiales Santa Rita. Fuente Propia

Con respecto a la prueba de desgaste con la máquina de Los ángeles, los resultados obtenidos fueron los siguientes:
 Muestra inicial = 5000 gramos. Muestra Final = 2750 gramos. D=45%.

Banco de Materiales Cladimaco

La granulometría de la arena del banco de materiales Cladimaco muestra un buen perfil del material, excediéndose sólo un poco en el material fino que pasa la malla No. 100. Se muestra en la Imagen 5.

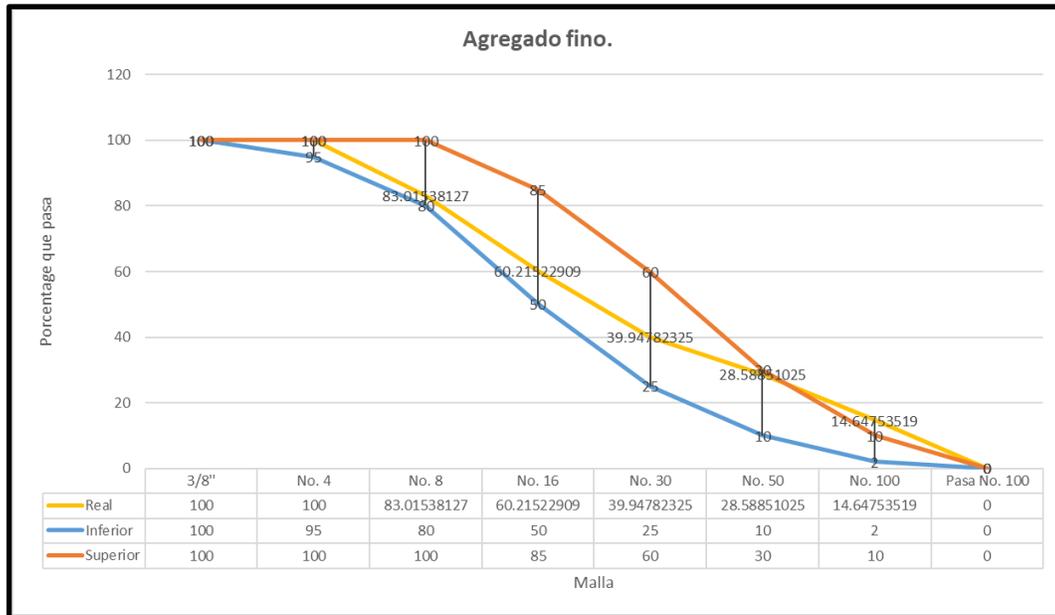


Imagen 5. Gráfica de granulometría de arena, Banco de Materiales Cladimaco. Fuente Propia

La granulometría de la grava de 3/4" del banco de materiales Cladimaco presenta un comportamiento muy cercano a los límites mínimos que marca la normatividad NMX-C-111-ONNCCE. Se requieren hacer algunos ajustes en el proceso de triturado de la grava para cumplir a cabalidad la norma aplicable (Imagen 6).

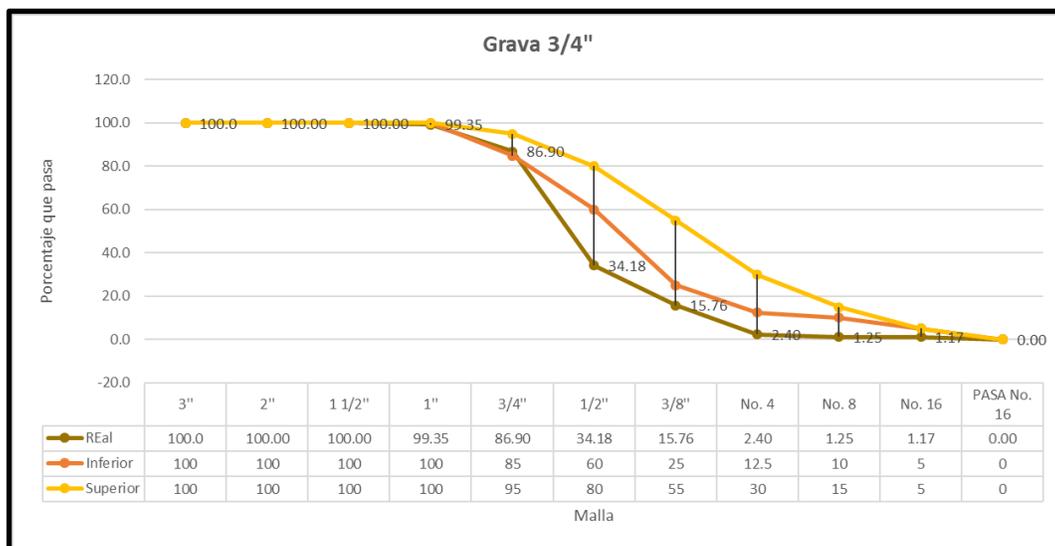


Imagen 6. Gráfica de granulometría de grava de 3/4", Banco de Materiales Cladimaco. Fuente Propia

La granulometría de la grava de 1-1/2" del banco de materiales Cladimaco presenta un comportamiento muy cercano a los límites mínimos que marca la normatividad NMX-C-111-ONNCCE. Se puede considerar que cumple con la normatividad aunque su producción requiere ser vigilada con un poco más de detalle (Imagen 7).



Imagen 7. Gráfica de granulometría de grava de 1-1/2", Banco de Materiales Cladimaco. Fuente Propia

Con respecto a la prueba de desgaste con la máquina de Los ángeles, los resultados obtenidos fueron los siguientes: Muestra inicial = 5000 gramos. Muestra Final = 3202.6 gramos. D=35.948%

Banco de Materiales La Repisa

La granulometría que se obtuvo de la arena del banco La Repisa indica que está fuera de la norma NMX-C-111-ONNCCCE por un exceso de tamaños retenidos en las mallas 3/8" - #16, que indican que requiere ajustes del proceso de trituración. Se muestra la gráfica granulométrica en la Imagen 8.

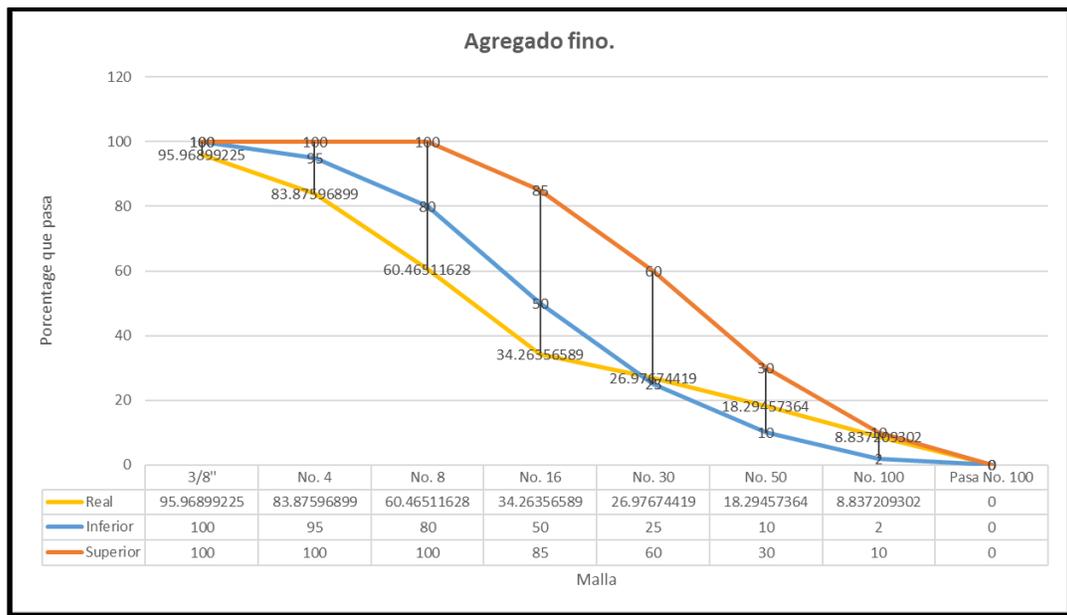


Imagen 8. Gráfica de granulometría de arena, Banco de Materiales La Repisa. Fuente Propia

Por otro lado, la grava 3/4" se acerca más al cumplimiento de la norma, debiendo hacer ajustes en los finos para un mejor resultado (Imagen 9). No hubo disponibles muestras de grava de 1-1/2".

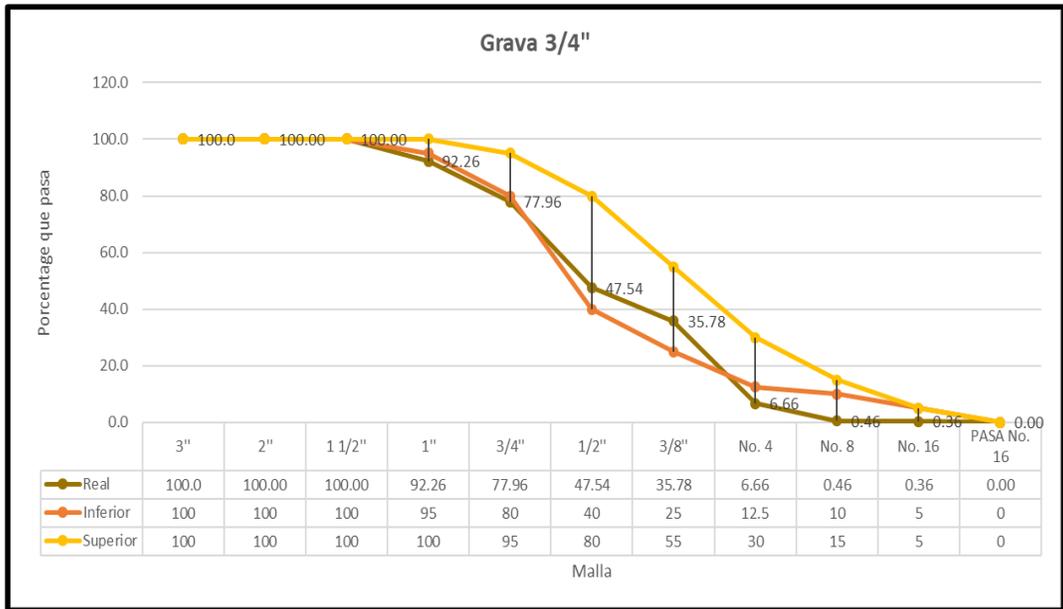


Imagen 9. Gráfica de granulometría de grava de 3/4", Banco de Materiales La Repisa. Fuente Propia

Con respecto a la prueba de desgaste con la máquina de Los ángeles, los resultados obtenidos fueron los siguientes: Muestra inicial = 5000 gramos. Muestra Final = 4265 gramos. D=14.7%

Banco de Materiales La Bendición

Los resultados de la granulometría de la arena del banco de materiales La Bendición muestra que se requiere hacer ajustes en el proceso de triturado para que sus arenas cumplan la normatividad NMX-C-111-ONNCCE, ya que las partículas gruesas de la arena que pasan las mallas #4 a #16 se encuentran por debajo de lo requerido (Imagen 10).

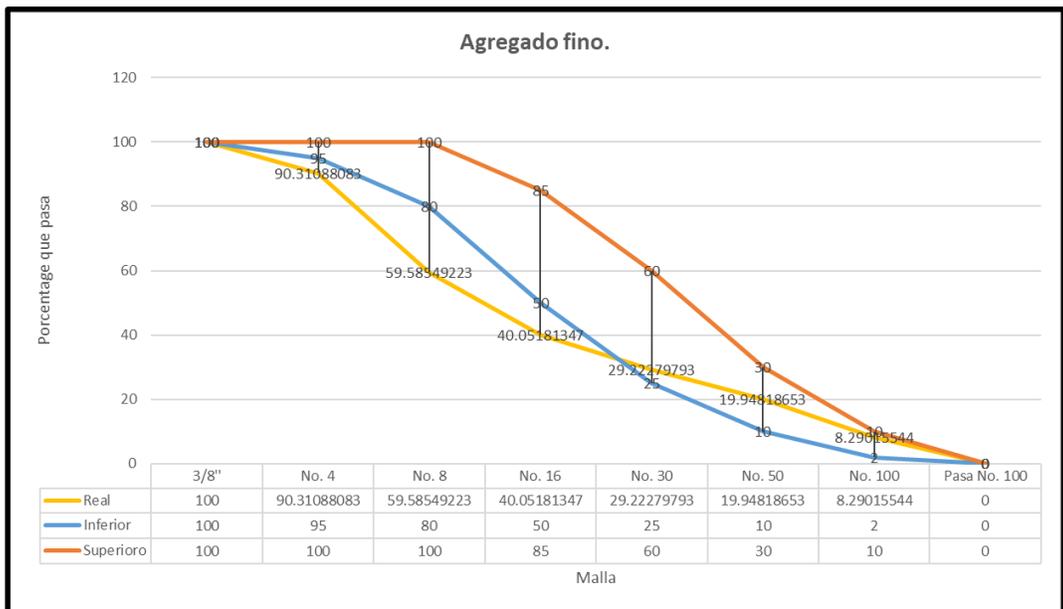


Imagen 10. Gráfica de granulometría de arena, Banco de Materiales La Bendición. Fuente Propia

Por su parte, la grava 3/4" requiere mayor atención en su proceso de trituración, ya que todos sus valores del % que pasa están por debajo de lo que indica la norma NMX-C-111-ONNCCE (Imagen 11). Presenta además un

interesante y raro fenómeno de ausencia casi total de partículas entre 19 y 13 mm.

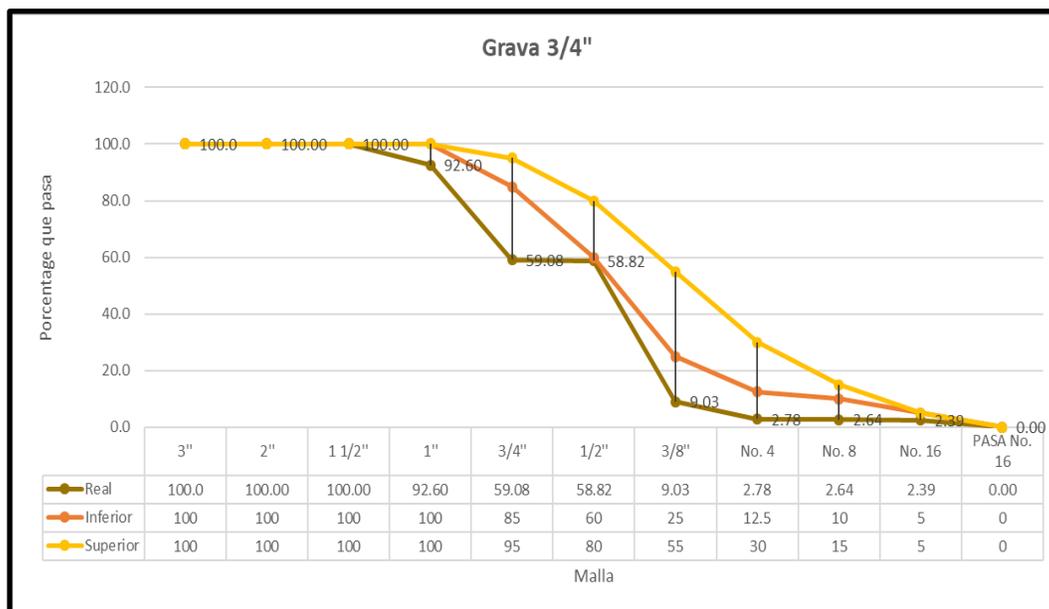


Imagen 11. Gráfica de granulometría de grava de 3/4", Banco de Materiales La Repisa. Fuente Propia

Con respecto a la prueba de desgaste con la máquina de Los ángeles, los resultados obtenidos fueron los siguientes: Muestra inicial = 5000 gramos. Muestra Final = 2790 gramos. D=44.2%

De acuerdo con los resultados obtenidos, podemos mencionar que 3 de los 4 bancos requieren mejor control de calidad de acuerdo a las granulometrías presentadas. El banco de materiales de la empresa Cladimaco presenta valores de granulometría que se ajustan casi exactos a los límites mínimos de granulometría, siendo el que presenta mejores resultados.

Conclusiones

Es necesario realizar estudios periódicos de los bancos de materiales para determinar que se cumplen las normas aplicables a los materiales pétreos, con lo cual se contribuirá a mejorar la calidad de las construcciones en la región. La intención de este estudio es establecer una base para ayudar a los proveedores de bancos de materiales para que sea posible un mejor desempeño en su producción, lo que redundará en beneficio de ellos mismos y de la sociedad en general, cumpliendo así uno de los compromisos de nuestra institución con la sociedad, el Tecnológico Nacional de México plantel Instituto Tecnológico de Tepic.

Limitaciones

Los resultados de este tipo de investigaciones pueden variar de acuerdo al material que se haya obtenido y al proceso específico que se tenga en el banco de materiales. El método de recolección de la muestra, que puede ser usado en cualquiera de los cerros de materiales que tenga almacenados el proveedor, impactará directamente en el desarrollo de las pruebas, ya que el correcto proceso de selección del material incide en las muestras a analizar.

Al realizar los análisis de los materiales, se obtiene una fotografía del material en un momento determinado, y por ello el proceso de muestreo trata de ser del material más homogéneo posible para que sea realmente representativo.

También es importante mantener el equipo del laboratorio bien calibrado, ya que son muchas mediciones las que se realizan y que pueden afectar el resultado del análisis. No se deben presionar las acciones en el laboratorio para que den los resultados que queremos, sino que se tienen que realizar de la manera adecuada, y en el orden indicado, para reflejar lo que está sucediendo realmente con el material que se produce en cada banco de materiales.

Recomendaciones

El estudio posterior que se hará con estos materiales es el que corresponde al comportamiento como agregado en la fabricación de concreto; este estudio determinará si los materiales pétreos que producen los bancos analizados tienen un buen resultado como mezcla de concreto. En general, se espera que los materiales cumplan con lo necesario para un buen comportamiento en la elaboración del concreto; en caso de haber desviaciones entonces se podrían desarrollar investigaciones para determinar las cantidades adecuadas de cada material para la fabricación de concretos.

que cumplan con las especificaciones estructurales de los proyectos.

Será conveniente realizar repetidamente las pruebas comentadas en este artículo para determinar que los bancos de materiales tengan productos con la calidad necesaria para la industria de la construcción de la región estudiada.

Referencias

- Guzmán Reyes, A. R., Zambrano Gómez, M. V., & Zaval de Gómez, M. d. (2014). *Análisis de Calidad Físico y Mecánico de los agregados pétreos para concreto, de los principales bancos de materiales de la zona oriental de El Salvador*. Ciudad Universitaria Oriental: Universidad de El Salvador.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (1997). NMX-C-088-1997-ONNCCE Industria de la Construcción - Agregados - Determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino. *NMX-C-088-1997-ONNCCE*. México.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (1997). NMX-C-170-1997-ONNCCE Industria de la Construcción - Agregados - Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas. México.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (2004). NMX-C-073-ONNCCE-2004. *Agregados - Masa Volumétrica - Método de Prueba*.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (2004). NMX-C-122-ONNCCE-2004 Industria de la Construcción - Agua para concreto - Especificaciones. México.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (2004). NMX-C-159-ONNCCE-2004 Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio. México.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (2006). NMX-C-084-ONNCCE-2006 Industria de la Construcción - Agregados para concreto - Partículas más finas que la criba 0.075 mm (No. 200) por medio de lavado - Método de Prueba. *NMX-C-084-ONNCCE-2006*.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (2006). NMX-C-166-ONNCCE-2006 Industria de la Construcción - Agregados - Contenido de agua por secado - Método de prueba. México.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (2010). NMX-C-156-ONNCCE-2010 Industria de la Construcción - Concreto Hidráulico - Determinación del revenimiento en el concreto fresco. México.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (2010). NMX-C-196-ONNCCE-2010 Industria de la Construcción - Agregados - Determinación de la resistencia a la degradación por abrasión e impacto de agregados gruesos usando la máquina de Los Ángeles. México.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (2013). NMX-C-109-ONNCCE-2013 Industria de la Construcción - Concreto Hidráulico - Cabeceo de especímenes. *NMX-C-109-ONNCCE-2013*. México.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (2013). NMX-C-128-ONNCCE-2013 Industria de la Construcción - Concreto sometido a compresión - Determinación del módulo de elasticidad estático y relación de Poisson. México.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (2013). NMX-C-161-ONNCCE-2013 Industria de la construcción - Concreto fresco - Muestreo. México.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (2014). NMX-C-083-ONNCCE-2014 Industria de la Construcción - Concreto - Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes - Método de Ensayo. *NMX-C-083-ONNCCE-2014*.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (2014). NMX-C-111-ONNCCE-2014 Industria de la Construcción - Agregados para concreto hidráulico - Especificaciones y Métodos de Ensayo. México.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (2014). NMX-C-164-ONNCCE-2014 Industria de la Construcción - Agregados - Determinación de la densidad relativa y absorción del agua del agregado grueso. México.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. (2014). NMX-C-165-ONNCCE-2014 Industria de la Construcción - Agregados - Determinación de la densidad relativa y absorción del agua del agregado fino - Método de Ensayo. México.