

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE EL CONCRETO CON AGREGADOS RECICLADOS

C. OSCAR EDUARDO TAPIA HERNÁNDEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA AV. LAZARO CARDENAS S/N CIUDAD UNIVERSITARIA C.P 39070
(747) 472 79 43 facultadeingenieria @UAGRO.MX

M. EN C. JAVIER PERALTA FAUSTINO

FACULTAD DE INGENIERÍA AV. LAZARO CARDENAS S/N CIUDAD UNIVERSITARIA C.P 39070
(747) 472 79 43 facultadeingenieria @UAGRO.MX

M. EN C. ALBERTO JORGE SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA AV. LAZARO CARDENAS S/N CIUDAD UNIVERSITARIA C.P 39070
(747) 472 79 43 facultadeingenieria @UAGRO.MX

DR. MIGUEL ANGEL FLORES MARIN

FACULTAD DE INGENIERÍA AV. LAZARO CARDENAS S/N CIUDAD UNIVERSITARIA C.P 39070
(747) 472 79 43 facultadeingenieria @UAGRO.MX

ABSTRACT

Climate change has become a growing concern in recent decades, which has forced us to adapt to new conditions and thus look for new transport alternatives.

The construction industry has also been affected, since part of the raw material comes from banks of natural material, such as sand and gravel, the overexploitation of these banks is how it affects the industry, being forced to look for alternatives, one of these alternatives is the reuse of aggregates.

This paper deals with the mechanical behavior of concrete with recycled aggregates and its content deals with the characterization of both bench and recycled aggregates, mix design, the tests carried out and the results they yielded.

Natural petreo aggregates are those construction materials that are inorganic or natural and that can also be processed by man and obtained from rocks and can be used in a natural or crushed state, this according to the use and its application. Recycled aggregates are nothing more than the use of a concrete aggregate that has already been used in some other work that was previously demolished and that would become rubble.

The main objective of this work is to reduce the use of virgin aggregates and their exploitation, reduce the waste of materials that are increasing day by day and that thanks to recycling we can recover and reuse and thus be able to reduce as much as possible the environmental impact that they produce.

RESUMEN

El cambio climático se ha vuelto una creciente preocupación en las ultimas decadas, lo que nos ha obligado a adaptarse a las nuevas condiciones y con ello a buscar nuevas alternativas de transporte.

La industria de la construcción tambien ha sido afectada, ya que parte de la materia prima provienen de bancos de material natural, como lo son arena y grava, la sobre explotacion de estos bancos es como afecta a la industria, viendose obligada a buscar alternativas, una de estas alternativas es la reutilización de agregados.

En este trabajo se trata el tema sobre el comportamiento mecánico del concreto con agregados reciclados y en su contenido se trata sobre la caracterizacion de los agregados tanto los de banco como reciclados, diseño de mezcla, los ensayes realizados y resultados que arrojaron.

Agregados petreos naturales, son aquellos materiales de construcción que son inorgánico o naturales y que tambien pueden ser procesados por el hombre y se obtienen a partir de rocas y pueden utilizarse en estado natural o triturado, esto según el uso y su aplicación. Los agregados reciclados, no son mas que la utilización de un agregado de concreto que ya ha sido utilizado en alguna otra obra que previamente fue demolida y que pasarian a ser escombros.

El principal objetivo de este trabajo es reducir la utilización de agregados vírgenes y su explotación, reducir los desechos de materiales que día a día van en aumento y que gracias al reciclaje podemos recuperar y reutilizar y así poder reducir en lo posible el impacto ambiental que estos producen.

KEYWORDS

Concrete, characterization, aggregates, recycling, debris.

PALABRAS CLAVES

Concreto, caracterización, agregados, reciclaje, escombros.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción va en aumento continuo y por lo tanto requiere de más materia prima, lo cual implica una alta explotación de los bancos de materiales naturales, debido a que la población esta en crecimiento continuo, generando un alta demanda de construcción de viviendas, puentes, edificios y esto a su vez genera un fuerte impacto en los bancos de material natural, obligando a buscar nuevas formas de obtener los agregados, lo que nos lleva a reutilizar los agregados productos de demolición, como lo son la arena y grava.

El empleo del concreto reciclado surgió al término de la segunda guerra mundial , donde países como Alemania y gran Bretaña se vieron en la necesidad de utilizar las grandes toneladas de escombros que se tenían de las ciudades destruidas, en dicha época los residuos de los escombros se utilizaron como elaboración de concreto para la reconstrucción de sus ciudades destruidas por la guerra.

Tan solo en la Ciudad de México, cada día se producen alrededor de 7 mil toneladas de residuos de construcción y demolición, volviéndose un problema ambiental y de salud, causando enfermedades ocasionadas por el polvo, otro de los problemas es que en temporada de lluvias pueden tapar los drenajes y así tambien contaminar los cuerpos de agua.

Las propuestas para la reutilización de residuos, con el fin de obtener nuevos materiales sustentables en el área de la construcción, son de un grupo de investigadores dirigidos por la doctora Ávalos Rendón, es una especialista en ingeniería de materiales, dando como resultado lo que ahora conocemos como concreto con agregados reciclados.

La primer y única planta de concreto reciclado que hay en México, se encuentra en la delegación Iztapalapa, la cual recibe residuos de construcción y demolición que estan compuestos por concreto, morteros, tabiques, adcretos, arcillas, etc.

El concreto reciclado se caracteriza por contar con agregados de concreto reciclado, producto de demolición, los que al mezclarse con cemento, agua y aditivos nos da como resultado un concreto de características físicas y mecánicas similares a las que tiene el concreto tradicional.

SÍNTESIS HISTÓRICA

En los últimos siglos, el cemento Portland ha desempeñado un rol protagónico en la historia de los materiales de construcción.

El cemento, al mezclarse con el agua se hidrata; dandonos como resultado complejas reacciones químicas convirtiendolo en una pasta facil de moldear y de buenas propiedades de adherencia. Al fraguar y endurecer paulatinamente en pocas horas, el cemento obtiene una consistencia pétreo. Dicho comportamiento, sin duda, es su principal atractivo y el responsable de convertirse en el conglomerado más económico y versatil utilizado en la industria de la construcción moderna.

La puzolana contiene sílice y alúmina, que al mezclarse químicamente con la cal nos da como resultado puzolánico; material que nos ha demostrado tener un gran desempeño, tanto a su resistencia como a su durabilidad. Alguno de los ejemplos en los cuales se empló puzolana, son el Coliseo Romano edificado en el año 82 a. c. y el Teatro de Pompeya este fue edificado hacia el año 75 a. c.

El cemento Portland en la actualidad se obtiene tras calcinar una mezcla de calizas y arcillas a una temperatura entre 1.350 y 1.450 °C, dando como resultado el clínker, producto del horno que se muele para fabricar lo que conocemos como cemento Portland.

1.- CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS RECICLADOS Y DE BANCOS DE MATERIAL.

Para la elaboración del concreto de referencia, se utilizaron agregados petreos naturales que fueron tomados del banco de materiales Xocomulco ubicado a las afueras de Chilpancingo Gro. Los agregados naturales que se utilizaron fueron calizas natural, para los agregados gruesos producto de trituración, se consideró un tamaño máximo de agregado de 19 mm (3/4”), respecto al agregado fino, se utilizó arena de rio material que pasa la malla No. 4.

Se tuvo que realizar la separación de agregado en greña a estas muestras obtenidas del banco, esto con el fin de clasificar nuestros materiales de acuerdo a esta investigación teniendo en cuenta cierto limite en el tamaño máximo de los agregados. Una vez obtenidos los agregados naturales, son resguardados en recipientes ahislados de humedad, esto con el proposito de no tener altas variaciones en los valores necesarios para nuestro diseño de mezcla de referencia. Posteriormente se realiza la caracterización de ambos elementos, realizando las pruebas siguientes:

- ❖ Separación de agregados de un material en greña.
- ❖ Contenido de humedad.
- ❖ Peso volumétrico.
- ❖ Granulometría.
- ❖ Material que pasa la malla No. 200.
- ❖ Determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino.
- ❖ Absorción de los agregados.
- ❖ Densidad de los agregados pétreos.
- ❖ Resistencia a la degradación por abrasión del agregado grueso usando la maquina de los angeles.

A partir de la demolición del edificio 1 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Guerrero, ubicada en Chilpancingo de los Bravo, Gro. Se inicio con la recolección y clasificación del producto de demolición que este edificio representó, entendiendo la clasificación como los siguientes: se obtuvo material de concreto puro, es decir sin contenidos de acero, madera, plástico, instalaciones electricas, tierra, pintura o cualquier otro material distinto. son sometidos a un proceso de separación en el cual se separan los elementos que pudiera llevar y que no son necesarios como madera, vidrio, papel y acero.

Una vez clasificados de acuerdo a los requerimientos de esta investigación, los residuos de demolición son sometidos a una trituración. Para obtener los agregados grueso y fino es necesario realizar una separación en greña para separar arena y grava obtenidos del proceso de trituración, una vez obtenidos los materiales primarios se procede a resguardarlos en recipientes ahislados de humedad, se procede a realizar la caracterización de ambos elementos, realizando las siguientes pruebas:

- ❖ Separación de agregados de un material en greña.
- ❖ Contenido de humedad.
- ❖ Peso volumétrico.
- ❖ Granulometría.
- ❖ Material que pasa la malla No. 200.
- ❖ Determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino.
- ❖ Absorción de los agregados.
- ❖ Densidad de los agregados pétreos.
- ❖ Resistencia a la degradación por abrasión del agregado grueso usando la maquina de los angeles.

MARCO TEÓRICO.

El concreto reciclado

Es un producto artificial compuesto que consiste a base de agregados pétreos reciclados, un cementante y aditivos según sea el caso, todos o parcialmente deben de cumplir con una característica primordial haber sido obtenidos a través de un reciclaje para obtener un segundo uso.

La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua, es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de este.

El agregado es la fase discontinua del concreto dado que sus diversas partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida.

Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes, pudiendo ser mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto.

EL CONCRETO RECICLADO.

Es un producto artificial compuesto que consiste a base de agregados pétreos reciclados, un cementante y aditivos según sea el caso, todos o parcialmente deben de cumplir con una característica primordial haber sido obtenidos a través de un reciclaje para obtener un segundo uso.

Los rompeolas pueden ser de dos clases, que son fundamentalmente de dos clases, según el modo en que resistan el oleaje:

La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua, es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de este.

El agregado es la fase discontinua del concreto dado que sus diversas partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida.

Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes, pudiendo ser mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto.

COMPONENTES DEL CONCRETO

Cemento: debe corresponder en marca y tipo con el usado para calcular la dosificación, en esta ocasión se utilizó cemento Moctezuma, el cual es comúnmente utilizado en gran parte de Chilpancingo.

Los **agregados pétreos:** estos deben estar limpios, sin materia orgánica, polvo, arcilla o plástico, deben ser durables y de granulometría adecuada.

El **agua:** debe ser limpia y estar libre de ácidos, bases, aceites o algún tipo de materia orgánica.

Los **aditivos:** Se recomienda que las pruebas de dosificación de los aditivos sean hechas con los mismos cementos, agregados, puzolanas e inclusores de aire y con las mismas proporciones y secuencia de producción especificados para el trabajo. Para el caso de esta mezcla, no se utilizaron agentes inclusores de aire, esto con el propósito de tener un concreto lo más estándar posible.

AGREGADOS PÉTREOS RECICLADOS

Los agregados pétreos son un componente sumamente indispensables para el funcionamiento de los elementos estructurales, ya que constituyen aproximadamente en un 90% de estos. Existen diversos tipos de agregados pétreos, dependiendo de la zona en donde se localice y de sus características tales como: estado físico y su composición química. En la industria de la construcción se requiere de grandes cantidades de agregados naturales, lo que genera preocupación, es por eso que se opta por la reutilización de agregados previamente utilizados en distintas obras, en México, como en gran parte de el mundo, la preocupación por la escasez que ocasiona la sobreexplotación de los bancos de material natural, lo que nos lleva a buscar una alternativa para la obtención de estos agregados, dando como resultado a los agregados reciclados.

Los agregados reciclados brindan una alternativa a la industria de la construcción, con la utilización de material de estructuras demolidas.

Los agregados reciclados no son otra cosa que residuos de construcción y demolición producto de la trituración de concreto premezclado que ha sido usado previamente en otra obra y que en la industria de la construcción no serían más que escombros, este material también se puede utilizar como base o sub-base en la construcción de nuevas carreteras, entre otras aplicaciones, el utilizar estos agregados nos ayuda a disminuir el impacto que ocasiona la extracción de agregados naturales.

CLASIFICACIONES SEGÚN EL TIPO DE AGREGADO.

Naturales: se utilizan solamente después de una modificación de su distribución de tamaño para así adaptarse a las exigencias según su disposición final.

De trituración: se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera ó de granulometrías de rechazo de los agregados naturales.

Artificiales: subproductos de procesos industriales, como ciertas escorias o materiales procedentes de demoliciones, utilizables y reciclables.

Marginales: en estos se engloban a todos los agregados los materiales que no cumplen alguna de las especificaciones vigentes.

El agregado grueso reciclado se puede clasificar de tres categorías en función de su composición:

- Tipo 1: Agregado procedente de su mayoría de escombros de fábrica de ladrillos.
- Tipo 2: Procedente de escombros de concreto.
- Tipo 3: compuestos por una mezcla de agregados pétreos naturales (que sea mayor de 80%) y agregado de fábrica de ladrillo (por abajo del 10%) o en su defecto agregado de concreto.



Figura 1: Componentes del concreto.

En gran parte de los países europeos, son 4 tipos de agregados reciclados los que suelen usar.

Agregado de plantas de tratamiento. A diferencia de los agregados procedentes del concreto, estos tienen propiedades específicas de elaboración.

Agregados reciclados cerámicos. El 85% de este agregado debe contar con una densidad seca superior de 1600 Kg/m³, esto con el fin de evitar materiales excesivamente porosos y ligeros y se obtienen por medio del procesamiento del material predominantemente cerámico.

Agregados reciclados mixtos. Cuentan con un porcentaje arriba del 50% de concreto con una densidad seca superior a 2100 kg/m³ y no sobrepasar el 50% de materiales pétreos reciclados de diferente naturaleza que el concreto.

Agregado reciclado de concreto. Con un contenido mínimo del 80% de concreto y posee una densidad superior a 2100kg/m³. Es el único tipo de agregado que es aceptable para concretos estructurales. Tiene valores límite para las impurezas ya que estas pueden tener efectos negativos sobre la resistencia y la durabilidad.

La clasificación de los agregados reciclados, es según a los parámetros dados para el agregado natural:

- Fino: Todo aquel material que pasa la malla No. 4 pero que es retenido en la malla No. 200.
- Grueso: Todo aquel material que es retenido en la malla No.4 o superior.

Los agregados reciclados pueden variar esto según la de donde provenga y de esto depende si se le da o no tratamiento.

2.- DISEÑO DE CONCRETO DE REFERENCIA

La resistencia a compresión para la mezcla de referencia que se buscó fue de 250 Kg/cm² a los 28 días de edad, con un revenimiento entre 14 y 16 ±2 cm. El cemento utilizado fue, cemento Pórtland Moctezuma, comúnmente utilizado en Chilpancingo. Las pruebas al concreto fresco que se realizaron son:

- Muestreo.
- Revenimiento.

- Peso unitario y rendimiento.
- Contenido de aire por el método de presión.
- Temperatura en estado fresco
- Peso volumetrico.



Figura 2: Pruebas realizadas.

Pruebas al concreto endurecido:

- Resistencia a compresión.
- Resistencia a la flexión por compresión diametral.
- Módulo de elasticidad.
- Peso volumetrico.

Estas pruebas se realizaron bajo las normas.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

Es el esfuerzo máximo que un material es capaz de soportar bajo cierta carga de aplastamiento, es la medida más común que se emplea en la construcción para el diseño de edificios y otro tipo de estructuras. La resistencia a la compresión nos determina que la mezcla de concreto a suministrar cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada ($f'c$) en el proyecto y se puede medir tronando probetas cilíndricas de concreto.



Figura 3: Ensayo de cilindros.

La prueba de resistencia a compresión en cilindros nos da la resistencia del concreto en estructuras, esto para fines de control de calidad, programar las operaciones de construcción., remoción de cimbras, evaluar la conveniencia de curado y la protección que se requiere para cierta estructura.

La elaboración y curado de los cilindros ensayados se elaboraron según la norma (NMX-C-160-ONNCCE, 2017) "Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto". Las probetas cilíndricas son sometidas a ensayo de acuerdo a la norma (NMX-C-083-ONNCCE-2014, 2015) "Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto", esto para estimar la resistencia del concreto.

La resistencia a la compresión puede variar de 200 kg/cm² para concreto residencial y de 300 kg/cm² o más para estructuras.

Existe una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad con la que se puede diseñar la compresión del concreto.

La resistencia a la compresión del espécimen la podemos calcular dividiendo la carga de ruptura entre el área promedio de la sección que resiste la carga, determinada con el diámetro medido, los resultados de la prueba son expresados en kg/cm².

Los registros de los resultados deben incluir los siguientes datos:

- Clave de indentificación del espécimen.
- Edad del espécimen.
- Diámetro y altura en centímetros.
- Área de la sección transversal en cm², con aproximación al décimo.
- Masa del espécimen en Kg.
- Carga máxima en N (Kgf).
- Resistencia a la compresión, calculada con aproximación a 100 Kpa (1 Kgf/cm²).
- Defectos observados en el espécimen o en sus cabezas.
- Descripción de la falla de ruptura.

TENSION POR COMPRESION DIAMETRAL.

La tensión por compresión diametral nos permite determinar la resistencia a la tensión de el concreto hidráulico en especímenes cilíndricos, en otras palabras, la tensión por compresión diametral es una forma indirecta de medir la resistencia del concreto sometido a esfuerzos de tensión.



Figura 4: Prueba a Tension por compresion diametral.

La tensión por compresión indirecta nos permite saber cual es la carga máxima de un muro antes de su ruptura.

PESO VOLUMETRICO EN ESTADO ENDURECIDO.

Peso volumétrico o peso unitario (o también llamado densidad en masa) es la relación entre el peso de la masa y el volumen que ocupa. El peso volumétrico del concreto esta entre 2200 Kg/m³ y 2400 Kg/m³ y todo dependiendo de los agregados que se hayan utilizado para su elaboración.

ELEMENTOS DE CONCRETO

Columnas: Son elementos estructurales verticales en concreto reforzado, cuya sollicitud principal es la carga axial de compresión, acompañada o no de momentos flectores, torsión o esfuerzos cortantes y con una relación de longitud a su menor dimensión de la sección de 3 o más.

Vigas: Son elementos estructurales con una longitud mayor a sus otras dimensiones, peralte y base. Se construyen a base de concreto reforzado para así lograr resistencia a los esfuerzos que soportará la estructura.



Figura 5. Vigas.

Losa: Elemento estructural horizontal, o aproximadamente horizontal, macizo o con nervaduras, que trabaja en una o dos direcciones, de espesor pequeño en relación con sus otras dos dimensiones. Al tratarse de un elemento con un área mayor, debe considerarse plenamente que hay muchos factores que influyen en la presencia de grietas, desde cuestiones técnicas y constructiva hasta de la calidad de los materiales.

El concreto prefabricado se refiere a elementos que se vuelan en algún lugar distinto de su ubicación final en la estructura. Cuando ya se han curado hasta que alcanzan la resistencia para su manejo, se sacan de la siembra y se colocan en la estructura. Los elementos prefabricados sólo después de 28 días de fabricación se pueden manejar, transportar y colocar en el sitio de la obra; indicado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Muro estructural: Son muros que se dimensionan y diseñan para que resistan la combinación de fuerzas cortantes.

Arcos: son elementos estructurales con forma curvada lbrando espacio abierto entre pilares o muros, transmitiendo la carga que soporta a sus apoyos mediante una fuerza que se le denomina empuje y están formados por piezas denominadas dovelas.

Muro de contención: Están diseñados para detener grandes cantidades de masas de suelo u otro tipo de materiales sueltos y también ayudan a mantener pendientes que por sí solas no pueden conservar. Y existen varios tipos de muros, de los cuales son: muro de contención de gravedad, de contención en voladizo o cantiléver y muro de contención con contrafuertes.

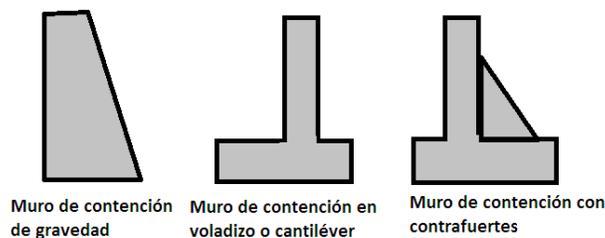


Figura 6: Muros de contención.

Pisos industriales: Los pisos industriales, son aquellos pisos interiores que estén sometidos a cualquiera de las siguientes aplicaciones de carga:

- Cargas móviles (entre los que podemos citar vehículos pesados, montacargas y cualquier vehículo con ruedas en contacto con la superficie de la losa).
- Cargas puntuales a través de los soportes de maquinarias o estructuras de almacenamiento, como racks o anaqueles.

- Cargas uniformemente distribuidas, aplicadas directamente sobre la superficie de la losa de concreto.

De los anteriores elementos, todos y cada uno de ellos presentar una cierta probabilidad de presentar contracciones en su estructura, debido a que todos los mencionados están hechos principalmente para tener áreas notables donde se podrá hacer presente la presencia de grietas, aun siendo elementos más esbeltos tales como columnas, que por su forma prismática, reduce la visibilidad de micro agrietamientos y por lo tanto será menor que la de los elementos de mayor área que tienden a tener sus superficies más alargadas y extendidas como las losas de azotea, losas de entrepiso, pisos convencionales, pisos industriales y muros estructurales de concreto.

3.- ENSAYE DE ESPECIMENES Y RESULTADOS

Los ensayos que se le realizaron al concreto de referencia como al de agregados reciclados en laboratorio fueron en estado fresco; revenimiento, peso volumétrico, contenido de aire y en estado endurecido; resistencia a compresión, flexión, tensión y módulo de elasticidad, todos los procedimientos se realizaron con base en las normas correspondientes. (NMX C-161-ONNCCE-2013, 2014) (NMX-C-162-ONNCCE-2014, 2014) (NMX-C-159-ONNCCE-2016, 2016) (NMX-C-109-ONNCCE-2013, 2014) (NMX-C-083-ONNCCE-2014, 2015) (NMX-C-157-ONNCCE-2006, 2006) (NMX-C-435-ONNCCE-2010, 2011).

- Resistencia a compresión.
- Resistencia a la flexión por compresión diametral.
- Módulo de elasticidad.
- Peso volumetrico.



Figura 7: Muros de contención.



4.- CONCLUSIONES.

Usar agregados reciclados evita que haya acumulaciones de concreto colapsado o demolido que necesite ser removido o transportado a vertederos de residuos sólidos, así como también nos ayuda a disminuir la explotación de los bancos de agregados natural y ayuda a reducir el impacto ambiental, contribuyendo al cuidado de nuestro planeta.

El agregado grueso reciclado, demostró que si es viable como sustituto del agregado grueso natural, ya que en todos los especímenes valorados cumplió con lo especificado en la norma, mediante los ensayos a la resistencia a compresión y flexión, con relación a los cilindros elaborados con mezcla de agregados convencionales.

REFERENCIAS

Cervantes, M. d. (2014). *Durabilidad de compuestos a base de matrices minerales reforzados*. Monterrey: UANL.

CRUZ, G. A. (2016). *FABRICACIÓN DE PIEZAS DE MAMPOSTERÍA ECOLÓGICAS CON FIBRA DE COCO*. Chilpancingo.

López, E. R. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima: ACI,Peru.

BUSTOS, J., NAVARRETE, B., & GIANI, R. (2008). La Retracción Autógena y su Relación con la Tendencia a la Fisuración a Temprana Edad. *Revista de la Construcción*, 64,65.

Doha M., A., Aymen J.K., A., & Sassam A. , T. (15 de Febrero de 2019). Effect on Internal Curing on Behavior of High Performance Concrete: An Overview. Baghdad, Iraq, Iraq: Civil Engineering Department, University of Karbala, Iraq.

Gabalec, M. A. (2008). *TIEMPO DE FRAGUADO DEL HORMIGON*. Buenos Aires,Argentina: LEMaC.

Guohao, F., Hossein, B., & Mingzhong , Z. (2018). Mecanismos de contracción autógena de pastas de escoria de cenizas volantes activadas con álcalis. *ELSEVIER*, 2,3.

Guohao, F., Hossein, B., & Mingzhong , Z. (2018). Mecanismos de contracción autógena de pastas de escoria de cenizas volantes activadas con álcalis curadas a temperatura ambiente en 24 h. *ELSEVIER*, 2,3.

imcyc. (Junio de 2000). <http://www.imcyc.com/>. Obtenido de <http://www.imcyc.com/revista/2000/junio2000/aditivos2.htm>

imcyc. (2006). *Problemas, causas y soluciones*. México: imcyc.

Institute, A. C. (1992). *Curado del concreto ACI 308-92*. México.

jorge arturo cruz garcia, r. v. (28 de 08 de 2009). *repositorio dspace*. Obtenido de repositorio dspac: <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4860>

Kaszynska, M., & Zielinski, A. (2015). Efecto del agregado ligero en la minimización de contracción en hormigón autoconsolidable. *ELSEVIER*, 600-603.

Navarrete, G. M. (2017). Optimización económica en dosificaciones de concreto. *Tlamati Sabiduría*, 2-5.

- NMX-C-083-ONNCCE-2014. (06 de 04 de 2015). *Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.* Obtenido de Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.: <https://www.onncce.org.mx/index.php/es/venta-normas/fichas-tecnicas?view=item&id=1674>
- NMX-C-083-ONNCCE-2014. (06 de 04 de 2015). *Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.* Obtenido de Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.: <https://www.onncce.org.mx/index.php/es/venta-normas/fichas-tecnicas?view=item&id=1674#:~:text=Esta%20norma%20mexicana%20establece%20el,mayor%20a%20900%20kg%2Fm3.>
- NMX-C-109-ONNCCE-2013. (31 de 01 de 2014). *Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción Edificación, S.C.* Obtenido de Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción Edificación, S.C.: <https://www.onncce.org.mx/es/venta-normas/fichas-tecnicas?view=item&id=1696#:~:text=Esta%20norma%20mexicana%20determina%20los,o%20extra%C3%ADdos%20y%20a%20espec%C3%ADmenes%20prefabricados.>
- NMX-C-157-ONNCCE-2006. (22 de 06 de 2006). *Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.* Obtenido de Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.: <https://www.onncce.org.mx/es/venta-normas/fichas-tecnicas?view=item&id=1802>
- NMX-C-159-ONNCCE-2016. (22 de 07 de 2016). *Organismo NAcional de la Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.* Obtenido de Organismo NAcional de la Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.: <https://www.onncce.org.mx/index.php/es/venta-normas/fichas-tecnicas?view=item&id=1679>
- NMX-C-160-ONNCCE. (22 de 07 de 2017). *Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.* Obtenido de Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.: <https://www.onncce.org.mx/index.php/es/venta-normas/fichas-tecnicas?view=item&id=1679>
- NMX-C-162-ONNCCE-2014. (07 de 11 de 2014). *Organismo Nacional de Normalizacion y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.* Obtenido de Organismo Nacional de Normalizacion y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.: <https://www.onncce.org.mx/es/venta-normas/fichas-tecnicas?view=item&id=1735>
- NMX-C-435-ONNCCE-2010. (06 de 01 de 2011). *Organismo Nacional de Normalización Y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.* Obtenido de Organismo Nacional de Normalización Y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.: <https://www.onncce.org.mx/es/venta-normas/fichas-tecnicas?view=item&id=1709>
- NMX C-161-ONNCCE-2013. (23 de 07 de 2014). *Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.* Obtenido de Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.: <https://www.onncce.org.mx/index.php/es/venta-normas/fichas-tecnicas?view=item&id=1680>

- Rodriguez, R. T. (2011). *USO DE AGREGADO LIGERO COMO MEDIO DE CURADO INTERNO EN CONCRETOS DE ALTO COMPORTAMIENTO FABRICADO CON PUZOLANAS*. Monterrey: UANL.
- SIKA. (8 de enero de 2016). Concreto. *Concreto reforzado con fibras*. Medellin, Medellin, Colombia: SIKA.
- Tianshi , L., Zhenming , L., & Van Breugel, K. (2020). Modelado de la contracción autógena de la pasta de cemento endurecible. *ELSEVIER*, 1-6.
- Yan , H., & Yue-ming , Z. (2009). Estudio mesocósmico de retracción autógena del hormigón con consideración de efectos de temperatura y humedad. *Water Science Engineering*, 85-89.
- Zhenming, L., & Tianshi, L. (2020). Predicción de la contracción autógena y microfisuración de hormigón de escoria y cenizas volantes activadas por álcalis. *ELSEVIER*, 2,3.
- Zhenming, L., Xuhui , L., Yun , C., & Guang , Y. (2021). Efecto del metacaolín sobre la contracción autógena de la pasta de cenizas volantes de escoria activada por álcalis. *ELSEVIER*, 2-10.