

¿Cómo elegir un buen material pétreo para la elaboración de concretos hidráulicos hechos en obra?

María del Consuelo Gamboa León

Resumen

Esta investigación analiza física y mecánicamente los materiales pétreos de los bancos cercanos a la ciudad de Xalapa, Ver. y su influencia en la fabricación de concretos hidráulicos con resistencias a la compresión deseables, realizando un análisis comparativo entre los resultados de seis bancos de materiales. Toma como base los datos publicados por la Secretaría de Comunicaciones (Unidad General de Servicios Técnicos), a los que se realizaron las pruebas necesarias para conocer las características en los diferentes agregados, utilizando los métodos tradicionales de las normas ASTM y las Normas Mexicanas, para la realización de ensayos. El método de análisis utilizado en los proporcionamientos de mezclas fue mediante los monogramas de Duff Abrams y con el método ACI, obteniendo así resultados de la caracterización de los agregados de cada región, concluyendo que las características físicas y mecánicas de los agregados influyen en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

Abstract

This research examines physical and mechanically stone materials of the banks near the city of Xalapa, see. and its influence on the production of concrete hydraulic with compressive strength desirable, carrying out a comparative analysis of the results of six banks of materials, takes do database published by the Secretariat of Communications (General technical services unit). Which

is performed the necessary tests to understand the characteristics in different aggregates, using traditional methods of ASTM standards and the Mexican standards, for the realization of assay, the method of analysis used in the proporcionamientos mixtures was using the monograms of Duff Abrams, and with the method ACI, thus obtaining results of the characterization of aggregates of each region, concluding that the physical and mechanical properties of aggregate influence in the properties of fresh and hardened concrete.

Palabras Clave:

Caracterización, Concretos Hidráulicos, Resistencias a la compresión.

Introducción

La preocupación por incidir favorablemente en la mejora de la durabilidad de las obras de concreto y la importancia que tienen los agregados en la elaboración del mismo, llevó a la realización de la siguiente investigación, que tiene la característica de establecer un comparativo entre materiales pétreos, utilizados en la región para el uso de mezclas hidráulicas en la construcción. El análisis metodológico y secuencial del quehacer de la construcción, contempla diferentes fases dentro de las cuales sólo se abarcará la de elaboración de concretos hechos en obra, mismo que debe satisfacer los

controles de calidad que permitan al elemento constructivo cumplir con la función de diseño. Cabe señalar que la investigación será realizada en la ciudad de Xalapa, Veracruz y sus alrededores, por ser una entidad urbana significativa en los porcentajes de incremento de la construcción. Y de esta preocupación surge la intención de una búsqueda por realizar un documento que se convierta en un referente académico, técnico y práctico para los profesionales de la construcción y que en especial sirva como apoyo en el desarrollo de la misma, cubriendo de este modo las necesidades de una comunidad con sus usos y costumbres.

Por otro lado, se intenta apoyar a los proyectos actuales a generar mayor confianza del uso de estos materiales, basándose en un fundamento científico, generando de este modo, una mejor calidad en concretos hechos en obra y facilitando la posibilidad de autoconstrucción. Se realizan pruebas y se establecen recomendaciones para el uso de materiales pétreos dentro de la elaboración de concretos hechos en obra, a partir del conocimiento de la caracterización física y mecánica de estos materiales. Se presentan resultados del estudio de 6 bancos de materiales de la región divididos en gravas y arenas, estos bancos distribuyen materiales pétreos a diferentes municipios cercanos y al del municipio de Xalapa, Veracruz. El método realizado en las pruebas de los materiales pétreos, se basa en los estudios de examen petrográfico de agregados de acuerdo

a la norma mexicana (ASTM, C 295) del Instructivo de Laboratorio de Materiales de la Construcción, así como a las normas de la ONNCCE.

Objetivo General

Analizar físicamente los materiales pétreos de los bancos de materiales cercanos a la ciudad de Xalapa, Ver. y su influencia en la elaboración de concretos con resistencia a la compresión deseable; logrando de este modo el conocimiento en la toma de decisión para la selección de los materiales pétreos utilizados en la generación de concretos hidráulicos, y en el quehacer de la construcción de obras edificables.

Objetivos Específicos

1. Definir los bancos de materiales pétreos a estudiar según reglamentación y Normativa.
2. Analizar físicamente los bancos de los materiales pétreos seleccionados, mediante la metodología planteada para revisión de los mismos.
3. Documentar y resumir el análisis, formando un registro de comentarios sobre las experiencias, cualidades y datos relativos al comportamiento de los materiales pétreos, y los resultados de las etapas.
4. Revisar y analizar las normas y reglamentos que serán aplicados en los ensayos a realizar en cada caso de estudio, estableciendo criterios comparativos de los resultados obtenidos.
5. Determinar la influencia en la resistencia a compresión de concretos fabricados con los materiales pétreos analizados.

Materiales y Métodos

Las actividades comprenden desde la identificación de los bancos a analizar así como las características físicas y

mecánicas de los materiales pétreos, realizando los ensayos con las normas ASTM (American Society For Testing And Materials) para el diseño de mezclas de concreto, generando una comparativa entre los resultados para de este modo proceder a la elaboración del proporcionamiento y dosificación de concretos para una misma $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ la cual se utilizó en los dos métodos diferentes con sus correspondientes ensayos, tanto en estado fresco como endurecido. Se validaron los resultados y se obtuvo la información para establecer una comparativa entre los diferentes materiales utilizados.

Análisis e Interpretación de Resultados

Las Características Físicas y Mecánicas de los Materiales Pétreos Influyen en la Resistencia para la Elaboración de Concretos Hidráulicos Hechos en Obra.

“El concreto es un material artificial y heterogéneo constituido por un material cementante y por dos agregados teóricamente inertes, más agua. El primero como la pasta destinada a proporcionar el acomodo en la cimbra o forma definida, y el endurecimiento para suministrar la resistencia requerida para soportar cargas” (Ing. Isidoro Llera Pensado, 1966)

Los agregados inertes se definen así porque se supone que no intervienen

en la reacción química entre el cemento y el agua pero, se ha demostrado que no es rigurosamente cierto, puesto que la arena y la grava directa o indirectamente influyen en la adquisición de la resistencia del concreto. (Martínez Fernández L. 2003.)

En esta investigación se muestrearon seis bancos de materiales (Unidad General De Servicios Técnicos, 2016), de los cuales se realizaron una serie de pruebas similares entre sí para determinar la comparativa entre los mismos. Con el fin de tomar muestras realmente representativas del material existente en un yacimiento de agregados pétreos, se deberá hacer un muestreo cuidadoso por personal competente; en varias zonas del banco se tomarán muestras parciales que servirán para formar la muestra compuesta. Con esta muestra se procede hacer las pruebas pertinentes para juzgar la calidad del material. El cuarteo de un material es el procedimiento que se sigue con el fin de reducir un volumen grande de él, en otro que le sea representativo y mucho menor. Con la muestra disgregada y mezclada eficientemente, se forma un cono colocando con una pala el material en vértice de éste y permitiendo que busque su acomodo.

Con la misma pala, que debe ser del tipo rectangular, se forma un cono truncado a unos 15 cm de altura y se divide en cuadrantes por medio de una regla adecuada. (Figura 1)



Figura 1. Proceso de Cuarteo

Después del cuarteo realizado en el banco se toma la muestra y se traslada al laboratorio para la realización de las pruebas necesarias.

En caso de tener un material seco se procede al siguiente punto, de no ser así, se seca totalmente el material. Se criba con la malla del No.4 para separar arenas y gravas Se pesa cada una de las porciones separadas.

Utilizando las siguientes Fórmulas:

$$\%a=b/a*100$$

$$\%g=c/a*100$$

Donde:

a=peso de la muestra cómo llega del banco

b=peso de la porción de arena

c= peso de la porción de grava

Descripción de la zona de estudio:

El Primer banco se localiza cerca de la población de Jalcomulco que se encuentra ubicada en los márgenes del río La Antigua-Sección Pescados, a 30 km de la ciudad de Xalapa y a 22 km. de Coatepec, con rumbo a Huatusco y Córdoba; el banco de materiales con núm.168 con nombre Los pescados localizado en la carretera Coatepec-Totutla Km. 021+100 en la desviación a la izquierda 0000.

El tipo de material que de aquí se extrae es conglomerado; se utiliza en la elaboración de concreto con posible restricción ecológica económicamente recomendable. Se obtuvieron los siguientes resultados de la extracción del material: Peso total del material extraído: 26.430 kg. Peso obtenido de arena: 9.900Kg Porcentaje: 35%. Porcentaje de grava: 16. 530Kg. Porcentaje: 65%

El segundo banco núm. 031 se encuentra Localizado en el Km. 065+000 en la carretera Xalapa -Puebla desviación a la derecha D02000. Tipo de

material Andesita con un tratamiento de trituración parcial y cribado con un aspecto económico conveniente, se denomina "Derrumbadas Agregados derivados de Veracruz" Obteniendo los siguientes resultados: Peso total del material extraído: 27. 600 kg. Peso obtenido de arena: 15.300kg. Porcentaje: 55.43 %. Porcentaje de grava: 12. 300kg.Porcentaje: 44.57% la ubicación del tercer banco se encuentra en la carretera Banderilla- Martínez de la Torre que nos dirige a Naolinco con núm. 143 localizado en el Km. 016+750 desviación I00100, el material obtenido de este banco es un tezontle y tiene una granulometría que está dentro del parámetro para la realización de concretos y es necesario la trituración parcial y el cribado del mismo; se maneja como adecuado para el concreto y no se requieren explosivos para su explotación con posible restricción ecológica y con un aspecto económico recomendable.

Se obtuvieron los siguientes resultados: Peso total del material extraído: 28.080 kg. Peso obtenido de arena: 2.500kg. Porcentaje: 8.90 %. Porcentaje de grava: 25. 580kg.Porcentaje: 91.09% Se obtuvieron los siguientes resultados: Peso total del material extraído: 23.697 kg.

El cuarto banco se denomina "La Joya Acosta". Este banco está situado en el km 130+000 desviación I00300 de la carretera Puebla- Xalapa, y el tipo de material que se encuentra es basalto, que es una roca volcánica extrusiva.

Es un bióxido de hierro; su textura es vesicular, burbujeada y porosa. Entre sus propiedades se encuentra la de guardar el calor, pero no es permeable y aislante es un material que requiere de un tratamiento de cribado, con considerables restricciones ecológicas y económicamente conveniente. Se obtuvieron los siguientes resultados: Peso total del material extraído: 36

kg. Peso obtenido de arena: 23.4 kg. Porcentaje: 65% Porcentaje de grava: 12.60 kg. Porcentaje: 35%

La ubicación del quinto banco núm. 074 se localiza cerca del poblado de Chichicaxtle, el camino que se encuentra ubicado entre el Km.004+500 desviación D00200 de la carretera Xalapa- Veracruz a 10 minutos de la comunidad de Miradores el nombre del banco es Chichicaxtle III; El tipo de material que se encuentra es arena de río y requiere tratamiento parcialmente triturado y cribado.



Figura 2. Banco de Jalcomulco



Figura 3. Banco de Derrumbadas



Figura 4. Banco de Naolinco



Figura 5. Banco de La joya



Figura 6. Banco de Chichicaxtle

Peso obtenido de arena: 7.700 kg. Porcentaje: 32.49% Porcentaje de grava: 15.997 kg. Porcentaje: 67.51% El último banco con núm. 160 a analizar es el de Paso del Toro localizado en carretera Xalapa- La Concepción Km. 015+650 desviación 100200; el material es un tezontle, poroso al tacto y a la vista, de un tono azulado y notablemente ligero, requiere un tratamiento de trituración parcial y cribado con posible restricción ecológica y recomendable económicamente

Se obtuvieron los siguientes resultados: Peso total del material= 19.200 kg. Peso de arena= 6.825 kg. Peso de grava= 12.375 kg. % de arena = $6.825/19.200 \times 100 = 35.55\%$. % de grava = $12.375/19.200 \times 100 = 64.45\%$

Agregados Pétreos

Existen características en los agregados que tienen una importante influencia sobre la proporción en el concreto fresco, porque afectan la trabajabilidad del concreto (García Rivero, 2004). La granulometría (Tamaño de partícula y distribución).La naturaleza de las

partículas (Forma, porosidad, textura superficial, finos). Los tamaños máximos deberán llegar al máximo tamaño práctico en las condiciones de trabajo. Los agregados pétreos generalmente se almacenan en lugares cercanos a la obra, en donde quedan a la intemperie y se encuentran expuestos a los cambios climáticos, absorben toda la humedad hasta quedar sobresaturados, y para la realización de las mezclas es de total importancia el conocer la cantidad de humedad que retienen por la reacción. Como se apreció en la tabla (1) del "Resumen de resultados" , podemos observar que se brinda una calificación

química que se efectúa al ser mezclados con el cemento, por lo consiguiente se da inicio a las prácticas y procedimientos según la normatividad para determinar el porcentaje de humedad y densidades que tienen los diferentes materiales, de igual forma, se realizan las prácticas y procedimientos necesarios para determinar las características físicas y mecánicas de cada banco de materiales. Interpretando los resultados de cada uno de los diferentes bancos para ver el comparativo general de cada práctica. Como se muestra en la Tabla 1 Resumen de los resultados.



Figura 7. Banco de Paso del Toro

Tabla 1 Resumen de Resultados

Bancos de Materiales	Paso del Toro	Chichicax	La Joya	Naolinco	Derrumba	Jalcomulco	Tipo de Materia
Prueba de Absorción en la Grava y Arena	14.55	3.35	6.49	15.34	3.80	7.24	Are %
	18.81	3.12	8.56	18.34	4.49	4.00	Gra %
	M	B	R	M	B	B	E
Prueba de densidad	2.23	2.53	2.26	2.35	2.50	2.38	Are %
	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	Gra %
	B	B	B	B	B	B	E
Prueba de Peso Volumétrico	1029.41	1397.00	1010.18	1008.14	1432.00	1483.21	Are Kg/cm ³
	892.00	1355.00	1215.68	1147.62	1385.45	1647.82	Gra Kg/cm ³
	M	B	R	M	B	B	E
Granulometría	Dentro de los límites	Dentro de los límites	Dentro de los límites	Dentro de los límites	Dentro de los límites	Dentro de los límites	
	B	B	B	M	B	B	E
Módulo de Finura 2.30-3.20	3.15	2.55	2.71	2.95	2.96	3.06	Are
	B	B	B	B	B	B	E
Caracterización Física y mecánica	MAC	AC	MEC	MAC	AC	MEC	
Calidad General	MAC	AC	MEC	MAC	AC	MEC	

NOMENCLATURA UTILIZADA:

B= Bueno
R= Regular

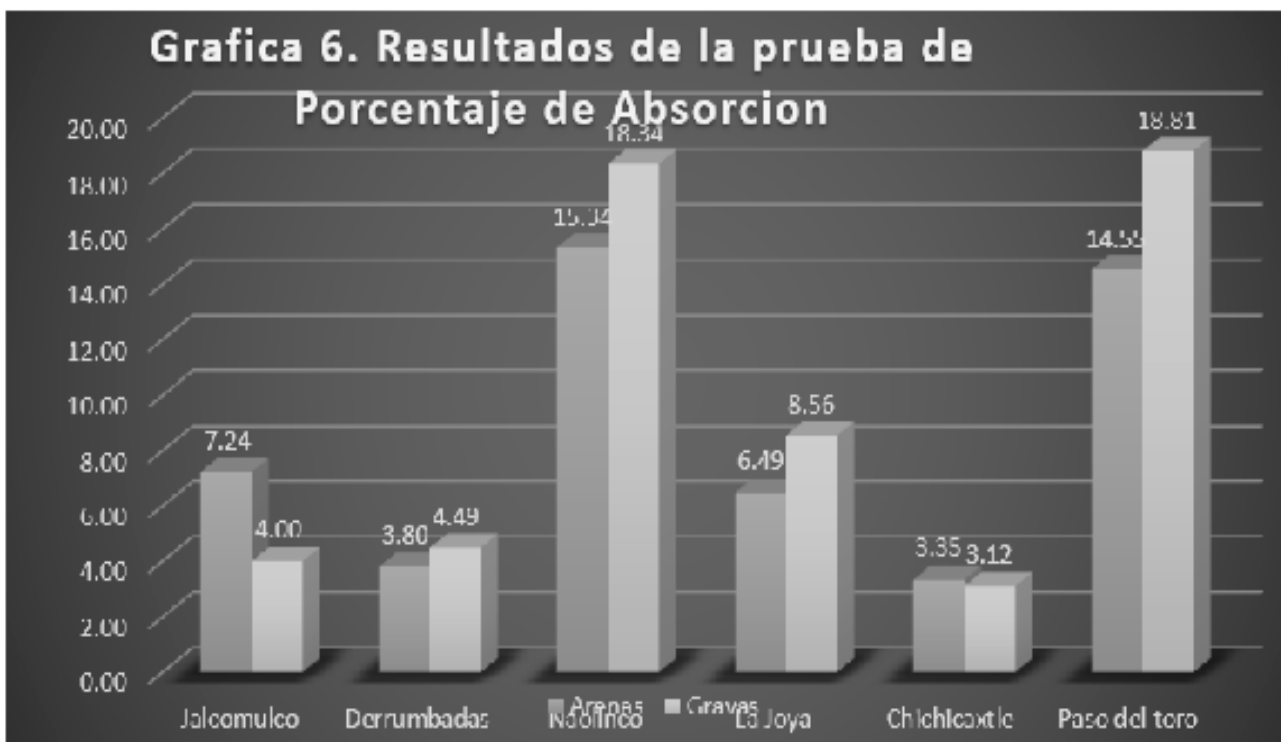
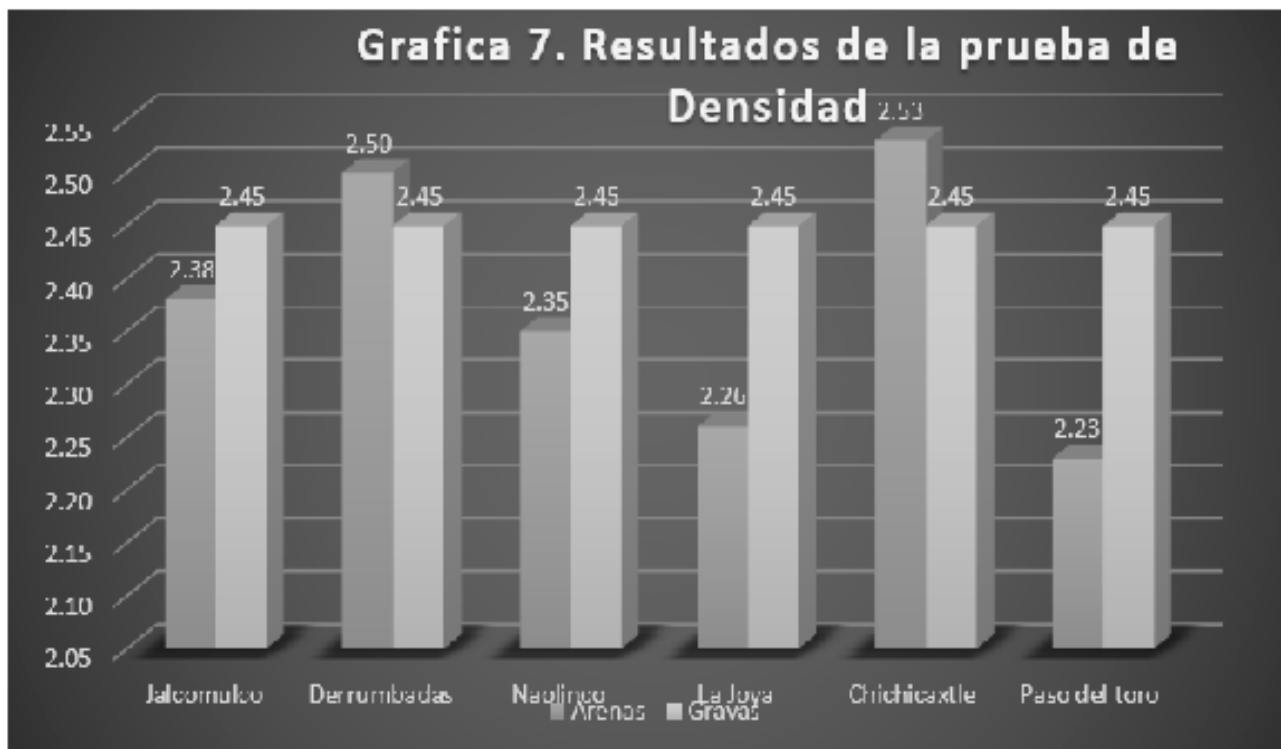
AC= Alta Calidad
MEC= Mediana Calidad

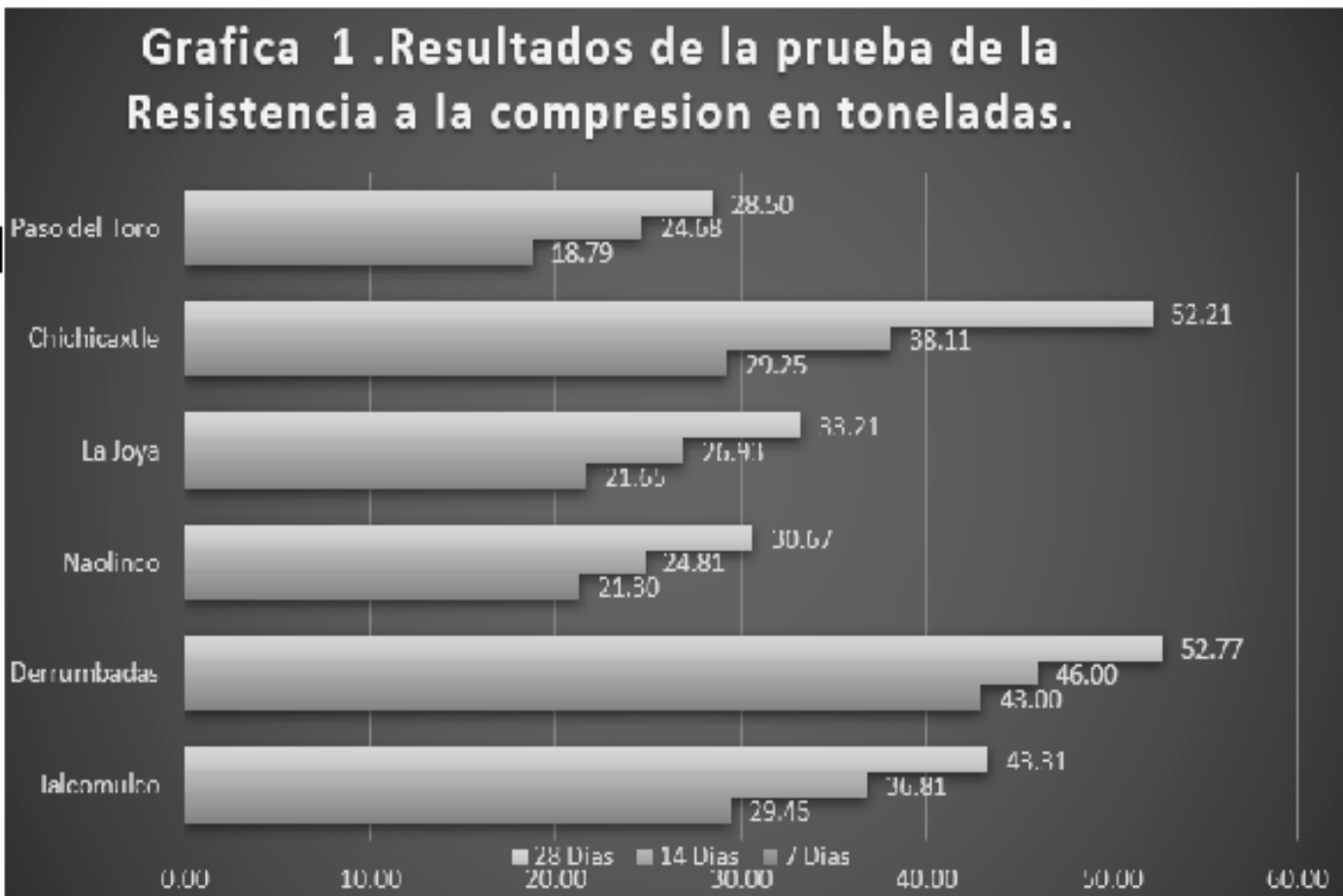
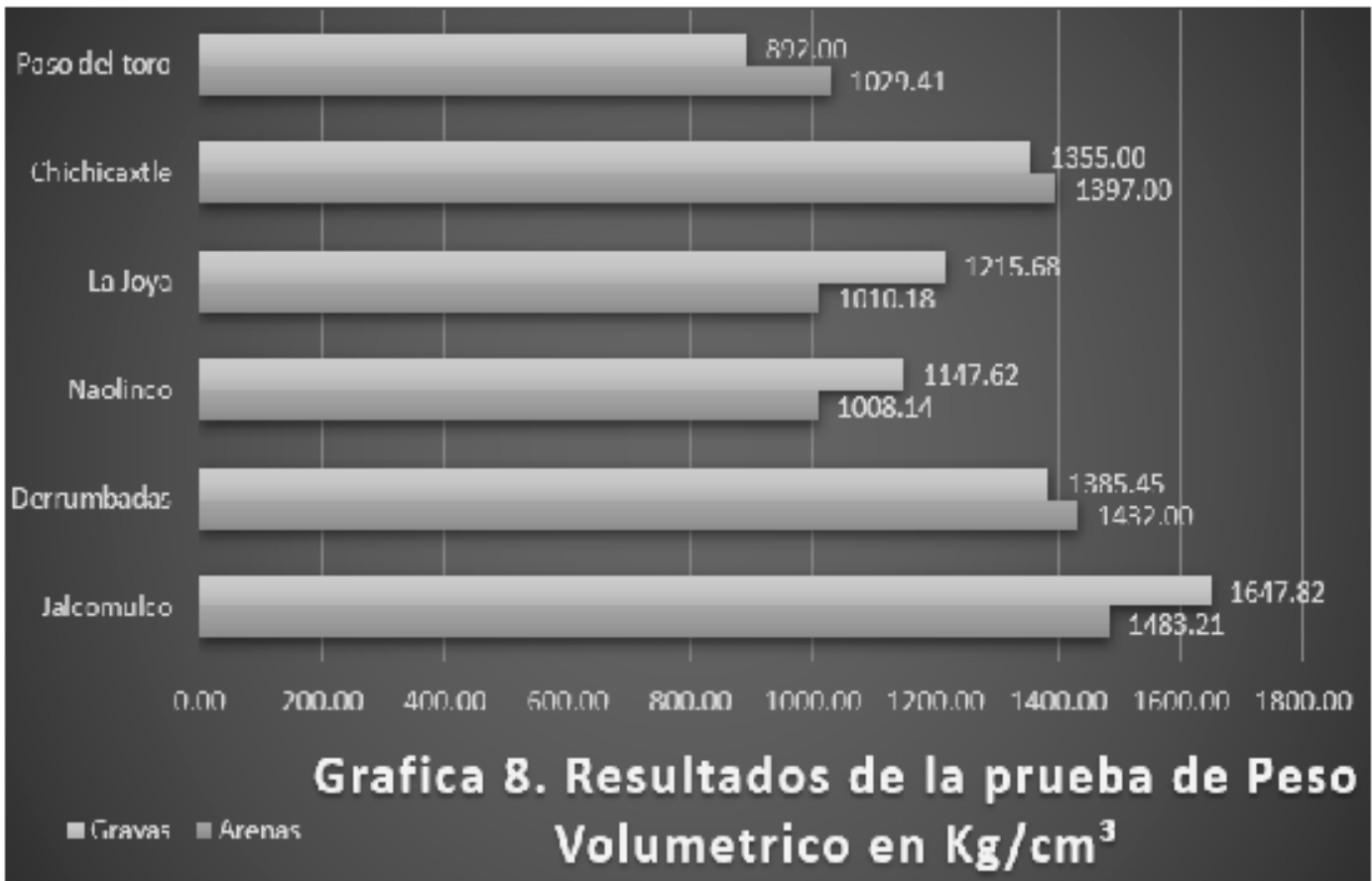
M= Malo
MAC= Mala Calidad

a cada material según los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, donde se hace notar que los materiales con mejor calidad son para concretos estructurales, no excluyendo que los materiales con características de menor

calidad no puedan ser utilizados para concretos que no requieran tener tales resistencias. Las siguientes graficas reflejan los resultados de cada prueba: La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia

medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) a una edad de 28 días.





Conclusión de la Investigación de la caracterización física.

En la siguiente Tabla no.1 y en la gráfica 1 se presentan los resultados del comportamiento de los cilindros sometidos a la prueba de compresión, en cada caso estudio (NMX-C-155).

Tabla 1. Interpretación de Resultados			
CASO ESTUDIO	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
JALCOMULCO	29.45 Ton Área:176.71cm ² R=166.66kg/cm ³ 66.66%	36.81 Ton Área :176.71 cm ² R=208.33kg/cm ² 83.33%	43.31Ton Área:176.71cm ² R=245.09kg/cm ² 98.03%
DERRUMBADAS	43.00Ton Área:176.71cm ² R= 243.35kg/cm ² 97.34%	46.00Ton Área :176.71 cm ² R=260.32kg/cm ² 104.13%	52.77Ton Área:176.71cm ² R= 298.62kg/cm ² 119.45%
NAOLINCO	21.30 Ton Área:176.71cm ² R= 120.58kg/cm ² 48.23%	24.81 Ton Área :176.71 cm ² R= 140.44kg/cm ² 56.17%	30.67 Ton Área:176.71cm ² R= 173.61kg/cm ² 69.44%
LA JOYA	21.65Ton Área:176.71cm ² R= 122.54kg/cm ² 49%	26.93Ton Área :176.71 cm ² R=152.43kg/cm ² 60.97%	33.21 Ton Área:176.71cm ² R=187.96kg/cm ² 75.18%
CHICHICAXTLE	29.25 Ton Área:176.71cm ² R=165.52kg/cm ² 66.21%	38.11 Ton Área :176.71 cm ² R=215.67kg/cm ² 86.27%	52.21 Ton Área:176.71cm ² R= 295.45kg/cm ² 118.18%
PASO DEL TORO	18.79 Ton Área:176.71cm ² R=106.38kg/cm ² 42.55%	24.68 Ton Área :176.71 cm ² R=139.66kg/cm ² 55.86%	28.50 Ton Área:176.71cm ² R=161.29kg/cm ² 64.51%

Para la presente investigación, donde se realizó un análisis comparativo entre los resultados de seis bancos de materiales, a los cuales, se les realizaron los ensayos necesarios de acuerdo a la normatividad, se obtuvieron los resultados de las características de los agregados de cada región por lo que se concluye lo siguiente: Que las características físicas y mecánicas de los agregados influyen

en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

El banco de Derrumbadas es de origen roca ígnea una andesita, mientras que el banco de Naolinco, La Joya y Paso del toro son de origen de rocas Basálticas, conocidas como tezontle, mientras que el de Chichicaxtle y Jalcomulco son gravas tipo natural. Los seis bancos

estudiados están dentro de los límites granulométricos, solo Naolinco se encuentra en el límite.

En cuanto al peso volumétrico, Naolinco y Paso del Toro se encuentran dentro de la categoría de Agregado ligero, y los demás bancos dentro del agregado normal.

El conocimiento de la absorción en los agregados es de suma importancia ya que es un indicador de la porosidad y a su vez de la resistencia. Será recomendable siempre el uso de materiales menos porosos. El banco de Naolinco, Paso del Toro y un poco menos La Joya son materiales con una absorción muy alta, mientras que: Derrumbadas, Jalcomulco y Chichicaxtle tienen poca absorción.

La corrección por absorción en un proporcionamiento es de suma importancia ya que puede afectar enormemente la resistencia del concreto. Todos los bancos analizados entran dentro de los límites de finura de la arena.

En general los bancos de materiales analizados se comportaron de manera aceptable y con el reconocimiento de sus deficiencias es posible la corrección para lograr una calidad aceptable en los concretos.

De la caracterización mecánica.

Los resultados finales a los que se llegó se documentan y se resume que al análisis realizado a los bancos de materiales se les asignó una calificación, primeramente en función a cada prueba realizada, y después de manera global por banco analizado, en cuya interpretación y calificación cualitativa se presentan.

Con base en la investigación realizada, y para los materiales, número de muestras, y análisis considerados se pueden obtener las siguientes conclusiones:

Las mezclas con igual método de dosificación, pero diferentes características determinadas de cada banco, presentan variaciones significativas en el asentamiento para los diferentes tipos de agregado. Esto implica ajustes en los diseños de mezclas de concreto para obtener la

trabajabilidad deseada.

La resistencia a la compresión de las mezclas con el mismo método de dosificación, pero con agregados de diferentes características, presentan diferencias significativas.

Por lo tanto, es posible generar concretos hidráulicos mejorando las características mecánicas de los materiales que no logren las resistencias deseadas ya que representa un factor que influye en las propiedades mecánicas del concreto.

Comparando los resultados de resistencia a la compresión de los concretos con los diferentes bancos de materiales, se observa que:

Los bancos de materiales de Jalcomulco, Derrumbadas y Chichicaxtle logran las resistencias diseñadas a los 28 días por lo que se recomiendan para Concretos Hidráulicos de uso Estructural utilizados en elementos de estructuras y edificaciones. Mientras que los bancos de materiales de Naolinco, la Joya y paso del Toro se recomiendan para la elaboración de concretos ligeros.

Bibliografía.

García Rivero, José Luis (2004); Manual de Construcción; Holcim Apasco; Fernando Porrúa, México.

Llera Pensado, Isidoro (1966); Laboratorio de Materiales de la Construcción; Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería; México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1991); Instructivo para efectuar pruebas en suelos Apoyo didáctico Volumen I; México, D.F.

Hernández Juárez, Alejandro (2004); Estudio Comparativo de Propiedades Físicas de Agregados de la Región y su influencia en la elaboración de concretos hidráulicos; Tesis de grado de Maestría; Universidad Autónoma de Querétaro.

Comisión Federal de Electricidad (1994); "Manual de Tecnología del Concreto" Instituto de Ingeniería UNAM tomo 3, Editorial Limusa, México

Tejeda Martínez, Adalberto (1989); Características

climáticas de Xalapa, Ver.; Inédito. Kidder; Parker, Frank E; Harry (1989); Manual del Arquitecto y del Constructor; UTEHA Noriega Editores; México.

Boletín Técnico, (1984); Resistencia y Durabilidad de los Agregados; NQ.12, México.

Cemex Concretos, (1999); Temas Técnicos y Prácticos del Concreto; Guía del usuario del concreto Profesional; Volumen 1 México
Cemex Concretos, (1999); Temas Técnicos y Prácticos del Concreto; Guía del usuario del concreto Profesional; Volumen 2 México.

Cemex Concretos, (1999); Temas Técnicos y Prácticos del Concreto; Guía del usuario del concreto Profesional; Volumen 3 México.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (2004) Proporcionamiento de Mezclas Concreto normal, pesado y masivo ACI 211.1; impreso en México ISBN: 9684640587 Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C., (2004); NMX-ONNCC-2004; Industria de la Construcción- Concreto- Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto; Declaratoria de vigencia publicada en el D.O.F. el día 27 de julio 2004

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES., (2009); NCMT-2-02-000-04; Libro CMT. Características de los Materiales Parte 2 Materiales para Estructuras. Título 02 Materiales para Concreto; fecha de última actualización: 15/12/2009

Normas de Concreto de la ASTM Inglés, español (2009); NORMAS DECONCRETO DE LA ASTM; ISBN13: 978-0-8031-6471; fecha de última actualización: STOCK # CONCRTSPAN09 2009

ASTM International (ASTM). (2017). Retrieved from: https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?&rid=Z56&mid=ASTM&document_name=ASTM%20A240%2FA240M&item_s_key=00222050

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (2017). Retrieved from: <http://www.onncc.org.mx/index.php/es/normas-publicadas-recientemente>

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. (2018). Retrieved from: [http://www.imcyc.com/American Concrete Institute. \(2018\). Retrieved from http://www.construpages.com/rsc/public_detail.php?language=00&id_publishing=125](http://www.imcyc.com/American_Concrete_Institute_(2018).Retrieved_from_http://www.construpages.com/rsc/public_detail.php?language=00&id_publishing=125)