UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS CIVILES

TEMA:
INFLUENCIA DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS EN LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN

AUTORES:
JONATHAN DANIEL BRITO BARAHONA
SANDRI GERMANICO CASTRO ANGULO

TUTORA:
LUCERO MARISOL SERRATO ARIAS

Quito, octubre de 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Jonathan Daniel Brito Barahona, con documento de identificación Nª1720720117 y Sandri Germanico Castro Angulo, con documento de identificación Nª 0802550301, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: INFLUENCIA DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS EN LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación en lo determinado en Ley de Propiedad intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo en este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

.....	.....
Nombre: Jonathan Daniel Brito Barahona	Nombre: Sandri Germanico Castro Angulo
Cédula: 1720720117	Cédula: 0802550301

Fecha: Quito, octubre del 2017

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo, Lucero Marisol Serrato Arias declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Artículo Académico: INFLUENCIA DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS EN LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN, realizado por Jonathan Daniel Brito Barahona y Sandri Germanico Castro Angulo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, octubre del 2017

.....

Atentamente

Lucero Marisol Serrato Arias

C.I. 1757028897

INFLUENCIA DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS EN LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN

INFLUENCE OF THE AGGREGATE´S QUALITY ON THE STRENGTH OF CONCRETE

Daniel Brito-Barahona[1], Sandri Castro-Angulo[2]

Resumen

La resistencia del hormigón en la vida útil de una estructura es de primordial importancia, ya que ésta se verá reflejada en el tiempo por la durabilidad.

Es por ello que, en base a especificaciones preestablecidas, este trabajo pretende evidenciar que la calidad de los agregados influye en la resistencia del hormigón.

Para las tres canteras preseleccionadas se realizaron los mismos ensayos de caracterización del material pétreo y diseño de mezclado, con el objetivo de comparar resultados finales.

Los resultados establecen al material de la cantera de río (fuera de la ciudad) como el mejor, al de Pifo como intermedio y al de la Mitad del Mundo con los resultados más bajos.

Al agregado que se considera de menor calidad, se le realizará un procedimiento alternativo para optimizar la utilización de los tamaños de los agregados en el hormigón y evidenciar que la resistencia a la compresión aumenta.

Palabras Clave: Agregado fino, agregado grueso, hormigón, resistencia a la compresión

Abstract

Compressive strength and durability are parameters of vital importance in concrete since they reflect the service life of a structure.

Therefore, this experimental work has the aim to evidence that quality of the aggregates influences the compressive strength.

Aggregates of three different local quarries which are popularly used in the city of Quito, were preselected in order to perform same characterization essays and mixture design with the objective to compare final results about their quality.

Those results determined the best performance in aggregates of the river quarry, followed by aggregate from Pifo, and the aggregate brought from Mitad del Mundo as the one with the lower results.

An alternative procedure was performed in the aggregate considered with the poorer quality in order to optimize the utilization of the different sizes of aggregate in the concrete. Also it was shown that compressive strength in concrete rises.

Keywords: Fine aggregate, coarse aggregate, concrete, compressive strength.

[1]Estudiante Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Salesiana Quito – Ecuador,
[2]Estudiante Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Salesiana Quito – Ecuador,
Autor para correspondencia: jbritob@est.ups.edu.ec; scastroa@est.ups.edu.ec.

1. Introducción

En el Ecuador hay una gran variedad de materiales que son extraídos de diferentes sitios del país, de distintas tipologías, origen geológico, forma, composición, entre otros.

Todos estos materiales son utilizados en la construcción de carreteras, puentes, edificaciones, muros, presas, etc. Sin embargo, la cotidianidad de su uso ha dejado de lado el control y el conocimiento de la aptitud de estos materiales para el fin deseado.

Se han evidenciado luego de desastres naturales ocurridos en los últimos años, la precariedad de algunas construcciones y la baja calidad del hormigón, que consecuentemente viene acarreado, por la mala calidad de sus componentes o agregados, y/o del proceso anti técnico en su elaboración.

Con la identificación de este problema, el presente artículo académico quiere dar respuesta a la interrogante ¿cómo influencia la calidad de los agregados en la resistencia del hormigón? Para lo cual, se parte de la determinación experimental de las características físicas de los agregados de tres canteras diferentes: Gualoto (Mitad del Mundo), Ripconciv (Pifo) y El Pampón (Río Esmeraldas), denotando la diferencia entre ellos y adjudicándole de manera general la resistencia que arrojen los resultados de los ensayos a compresión de las probetas cilíndricas de hormigón.

En Quito se planteó un proceso de regularización a las canteras vigentes, donde Jácome [1] asegura que existen zonas de la ciudad que no aportan con material de buena calidad, tal es el caso del sector La Mitad del Mundo; es por ello que el presente artículo incluye una cantera de este sector.

Enmarcado en esta realidad y limitándose en la calidad de los agregados, independientemente del diseño de estructuras, se pretende dar a conocer mediante esta investigación una comparación entre diferentes agregados para comprobar que la calidad de los mismos influye en gran medida en la resistencia a la compresión de los hormigones; ya que para su elaboración (cualquiera que sea la resistencia esperada) existen normativas vigentes tanto nacionales como internacionales que exigen el cumplimiento de ciertos parámetros físicos de los agregados y que como se citó anteriormente estos parámetros se están descuidando. Sin embargo, para la ciudad de Quito existe la Ordenanza Municipal 557 [2] que hace referencia al artículo 69 acerca del análisis de la calidad, se debe cumplir con los siguientes análisis en laboratorio especificados en la Tabla 1.

Tabla 1: Requisitos de Calidad - Ordenanza Municipal 557

Ensayo	Norma	Especificación
Composición granulométrica	NTE INEN 696	N/A*
Densidad aparente	NTE INEN 836	N/A*
Presencia de materiales finos	NTE INEN 697	N/A*
Norma técnica para áridos en la elaboración de hormigones	NTE INEN 694	N/A*
Resistencia a la compresión simple		N/A*
Resistencia a la abrasión	NTE INEN 860/861	<50%
Impurezas orgánicas	NTE INEN 855	N/A*
Desgaste a los sulfatos	NTE INEN 863	<12%

* No aplica

2. Materiales y Métodos

2.1 Materiales

Para el presente artículo se eligieron tres canteras de diferente lugar en la ciudad de Quito:

- Mitad del Mundo (Gualoto)
  Material color gris, de forma angulosa, superficie áspera, poroso a simple vista, contenido de cristales, poco húmedo. Ver Figura 1

Figura 1. Material Cantera Gualoto (Mitad del Mundo)

- Pifo (Ripconciv)
  Material color gris, de forma angulosa, superficie medianamente lisa con ondulaciones, poco poroso, poco húmedo. Ver Figura 2

Figura 2. Material Cantera Ripconciv (Pifo)

- Río (El Pampón)
  Este material se trajo de fueras de la ciudad, presenta diferentes coloraciones rojizas, grises, blanquecinas, entre otras; de forma redondeada, superficie lisa y seca. Ver Figura 3

Cada uno de los materiales de las canteras fue sometido a un proceso de homogenización y reducción de muestras para su utilización en los diferentes ensayos según la NTE INEN 2566.

Figura 3. Material Cantera Pampón (Río Esmeraldas)

Se realizó la caracterización física de los agregados, determinando así: pesos específicos [3], porcentaje de absorción [3], pesos unitarios[4], desgaste a la abrasión en la máquina de los Ángeles [5], desgaste a sulfatos [6], granulometría [7], contenido orgánico [8] y equivalente de arena [9], que posee cada agregado. Estos procedimientos se efectuaron tres veces para obtener resultados promediados y disminuir la incertidumbre por error en la práctica.

Determinadas las características físicas de los materiales se realizaron los diseños de mezcla de hormigón para el material pétreo de cada cantera, considerando y estableciendo una misma relación agua/ cemento (a/c) que según la investigación de Chan et al. [10] es un parámetro muy importante que está ligado a la absorción del material y reflejado en la trabajabilidad y resistencia. Se adoptó un revenimiento de 10 cm controlado con el ensayo del cono de Abrams y una misma resistencia de 21 MPa para todos los materiales, debido a que este valor es el mínimo exigido por normativas de construcción en nuestro medio, y se adoptó la metodología de diseño del ACI para mezclas, sin modificar las características originales de los agregados (humedad, granulometría); aunque no cumplan el pre-requisito normativo para hormigones, a fin de cuantificar la influencia de la calidad de los mismos en la resistencia a la compresión del hormigón. La finalidad

de realizar así este paso de la metodología tiene su justificante en que se trata de acercar el procedimiento experimental a las ejecuciones reales en la práctica diaria, para que, la comparación final de los agregados sea más coherente con los procedimientos ordinarios.

2.2 Metodología

2.2.1 Caracterización

Entenderemos al hormigón como la mezcla de agregado grueso, agregado fino, cemento y agua; considerando que el agregado grueso y fino serán de cualquier naturaleza u origen, y que estarán dispuestos estos componentes en porciones para darle a la mezcla una resistencia determinada.

Según la investigación de Acosta et al. [11] la forma y textura del agregado incide de forma directa en la trabajabilidad y resistencia de un hormigón; por lo tanto, es necesario realizar estudios al material con el cual se va a trabajar.

Para llegar a estas porciones con el uso de tablas, se debe obtener previamente las características físicas de los agregados y del cemento.

Cada uno de los ensayos referidos en la Tabla 2 se realizaron tres veces y sus procedimientos están regidos por la norma técnica ecuatoriana NTE y su par internacional ASTM.

2.2.2 Diseño de mezclas

El American Concrete Institute (ACI) 211.1-91, propone una metodología para determinar las porciones adecuadas de los componentes del hormigón y la respectiva mezcla de éstos, mismas que son obtenidas de una serie de tablas en función de las características de estos componentes, resistencia esperada, entre otros.

El procedimiento de mezclado de los agregados, llenado de probetas cilíndricas de hormigón y desencofrado de las mismas para su proceso de fraguado, fue aplicado con las mismas herramientas y métodos para los agregados de cada una de las canteras.

Partiendo de aquello, se realizó una corrección en el análisis granulométrico del material de la cantera Gualoto (Mitad del Mundo) mediante el método de Fuller y Thompson (1907) para así determinar que, modificando u optimizando la utilización de los tamaños de las partículas, se obtienen mejores resultados en cuanto a su participación mecánica dentro del hormigón, ya que es probable que debido a la aleatoriedad de sus tamaños con los que viene de la cantera, se esté subutilizando o no explotando su trabajo mecánico en la mezcla.

Tabla 2: Ensayos de laboratorio

	Ensayos de Laboratorio	Agregado Grueso	Agregado Fino
1	Granulometria	x	x
2	Peso Unitario	x	x
3	Peso Específico	x	x
4	Absorción	x	x
5	Desgaste Máquina de los Ángeles	x	
6	Desgaste a Sulfatos	x	x
7	Equivalente de Arena		x
8	Contenido Orgánico	x	x
9	Cotenido de Humedad	x	x

Giraldo [12] describe el método de Fuller y Thompson como el ajuste de la curva de granulometría experimental a la curva teórica de granulometría referencial, la misma que se obtuvo mediante ensayos de trabajabilidad y densidad del hormigón. Es decir, en esta corrección, se toma muy en cuenta la granulometría de cada material, ya que no todos los agregados se rigen a las especificaciones propuestas por el ACI, determinando así un porcentaje de cada uno en la mezcla total, en volumen o en masa.

Luego de este proceso, se continúa con la metodología del ACI ya propuesta. Giraldo [12] afirma que el método no considera la dosificación inicial; sin embargo, es necesario la corrección de dosificación para cumplir con la trabajabilidad del hormigón. Esta corrección es similar al aplicado en el ACI.

2.2.3 Ensayos

Elaborada la mezcla del hormigón se obtendrán un mínimo de tres probetas para los respectivos ensayos de compresión, pero considerando la metodología estadística de la desviación normal estándar, para tener un dato más estable que el corregido, se deben obtener un mínimo de diez probetas que serán ensayados a la compresión en tres edades diferentes 7, 14 y 28 días. Con estos datos procesados estadísticamente se determinará el valor de la resistencia característica del hormigón a estas edades (NTE 1573) (ASTM C39).

3. Resultados y Discusión

3.1 Resultados de caracterización

La aplicación de las metodologías estipuladas en las normas, para los ensayos requeridos para el diseño de hormigón, arrojaron resultados satisfactorios; es así como, se resume en las Tablas 3 y 4. De acuerdo a los resultados de los ensayos se tiene un material mejor que otro y es muy probable que su comportamiento dentro del hormigón sea de la misma manera, es decir, el material más denso tiene un menor desgaste y por ende, menor absorción de agua; caso contrario con el material de menor densidad.

En consecuencia, su aporte al hormigón será en la medida de sus propiedades; por lo tanto, el más denso aportará en mayor medida a la resistencia a la compresión del hormigón y el menos denso aportará en menor medida, ya que la pasta, al ser la misma para todos los materiales, quedará como variable la calidad de los agregados y su aporte se ve reflejado en los resultados de la resistencia a la compresión del hormigón.

Tabla 3: Resumen de propiedades agregado grueso

Material	Agregado Grueso			Especificación
Propiedad/Cantera	Gualoto (M. Mundo)	Ripconciv (Pifo)	El Pampón (Río Esmeraldas)	
Desgaste a la Abrasión (%)	55,8	22	16,8	50
Desgasaste a Sulfatos (%)	3,12	0,85	0,39	12
Peso Específico (g/cm^3)	2,425	2,632	2,703	N/A*
Peso Unitario Suelto (g/cm^3)	1,517	1,423	1,708	N/A*
Peso Unitario Varillado (g/cm^3)	1,625	1,495	1,724	N/A*
Humedad Natural (%)	5,31	0	0,67	N/A*
Absorción (%)	7,056	2,459	0,98	N/A*
Tamaño Máximo (cm)	3,9	2,5	3,9	N/A*

* No aplica

Tabla 4: Resumen de propiedades agregado fino

Material	Agregado Fino			Especificación
Propiedad/Cantera	Gualoto (M. Mundo)	Ripconciv (Pifo)	El Pampón (Río Esmeraldas)	
Equivalente de Arena (%)	69,99	70,97	89,3	50
Desgasaste a Sulfatos (%)	4,12	2,58	1,85	10
Peso Específico (g/cm^3)	2,523	2,548	2,636	N/A*
Peso Unitario Suelto (g/cm^3)	1,658	1,583	1,584	N/A*
Peso Unitario Varillado (g/cm^3)	1,785	1,738	1,669	N/A*
Humedad Natural (%)	5,7	0,3	6,25	N/A*
Absorción (%)	5,104	4,291	2,13	N/A*
Módulo de Finura	3,08	1,57	2,43	N/A*

* No aplica

Con los valores de las propiedades físicas y mecánicas obtenidas en los diferentes ensayos se realizó el respectivo diseño del hormigón para cada uno de los materiales de las diferentes canteras, obteniendo de esta manera la dosificación y las respectivas cantidades de material que se incluirían en la mezcla, resultados que están contenidos en las Tablas 5, 6 y 7.

Es evidente que indistintamente del material, la metodología de diseño de hormigón propuesta por el ACI toma muy en cuenta las propiedades que se han obtenido en el análisis de los agregados presentado en este artículo, pero cabe recalcar y acotar a la vez que, de acuerdo a los resultados evidenciados en las tablas anteriores de dosificación y proporciones del material, en el cálculo de la cantidad de material a incluir en el hormigón se mantuvo la misma relación agua cemento a/c = 0,6 para llegar a obtener a los 28 días, revenimiento de 10cm, una resistencia de 21 MPa, eso quiere decir que, la resistencia de un hormigón o el esfuerzo a compresión del hormigón no depende exclusivamente de la relación a/c, sino que también depende de las características físicas y mecánicas de los agregados, ya que como se ha demostrado y determinado no todos los agregados tienen el mismo comportamiento mecánico ni tampoco presentan las mismas características físicas.

Es así, que Ortega [13] en su tesis hace referencia a la variabilidad de las características físico – químicas de los agregados pétreos y asegura que estos parámetros influencian en la trabajabilidad y resistencia del hormigón.

Por tal razón no se debería generalizar una ecuación o formulación de cantidades de material para obtener una determinada resistencia del hormigón sin conocer o

Tabla 5: Dosificación y porciones del material de la cantera Gualoto (M. Mundo)

Gualoto (M. Mundo)	Cantidad de Material (Kg)			Dosificacion
	1 m^3	Al peso de Cemento		
		1 Saco	18 Kg	
AGUA:	172,02	26,46	10,80	0,60
CEMENTO:	286,76	44,12	18,00	1,00
ARENA	661,71	101,80	41,54	2,31
RIPIO:	1206,80	185,66	75,75	4,21

Tabla 6: Dosificación y porciones del material de la cantera Ripconciv (Pifo)

Ripconciv (Pifo)	Cantidad de Material (Kg)			Dosificacion
	1 m³	Al peso de Cemento		
		1 Saco	18 Kg	
AGUA:	211,06	32,47	10,72	0,60
CEMENTO:	354,55	54,55	18,00	1,00
ARENA	439,27	67,58	22,30	1,24
RIPIO:	1137,50	175,00	57,75	3,21

Tabla 7: Dosificación y porciones del material de la cantera El Pampón (Rio Esmeraldas)

El Pampón (Rio Esmeraldas)	Cantidad de Material (Kg)			Dosificacion
	1 m³	Al peso de Cemento		
		1 Saco	18 Kg	
AGUA:	242,46	37,30	10,74	0,60
CEMENTO:	406,25	62,50	18,00	1,00
ARENA	630,74	97,04	27,95	1,55
RIPIO:	971,75	149,50	43,06	2,39

realizar un análisis previo de sus componentes. Es imperativo aclarar que el buen o mal desempeño del hormigón, no lo podemos atribuir exclusivamente a una característica mecánica o física en particular, porque para ello se debería tener materiales con características iguales y que se diferencien en una de ellas, lo que es imposible por las razones expuestas anteriormente.

Como un resultado adicional, que hace referencia a los comportamientos de las diferentes mezclas experimentadas, se tiene el fraguado. Gabelec [14] afirma que las condiciones ambientales influencian en el fraguado, es por ello que, al descender la temperatura, incrementa el tiempo de fraguado. Es así, que para las probetas obtenidas en la mezcla del material de la cantera Gualoto (Mitad del Mundo) se procedió a desmoldar 48h después, que hubo un descenso de temperatura que extendió el proceso del fraguado inicial del hormigón y que concuerda con lo reportado por el INAMHI de las bajas de temperaturas en el mes de mayo, teniendo temperaturas bajas de hasta 7ºC en ciertos días, que para las otras dos canteras se pudo desmoldar las probetas luego de 24h.

3.2 Resultados de ensayos de compresión

La ASTM C39 explica el procedimiento estandarizado para los ensayos de compresión de las probetas cilíndricas de hormigón. Las probetas obtenidas de las diferentes mezclas fueron ensayadas bajo normativa a la edad estipulada en la metodología. Las Figuras de los resultados que a continuación se presentan 4, 5 y 6 están referidas a estas edades, pero se precisa que, según la normativa vigente los resultados válidos para aceptación de un hormigón son los realizados a los 28 días (Figura 7).

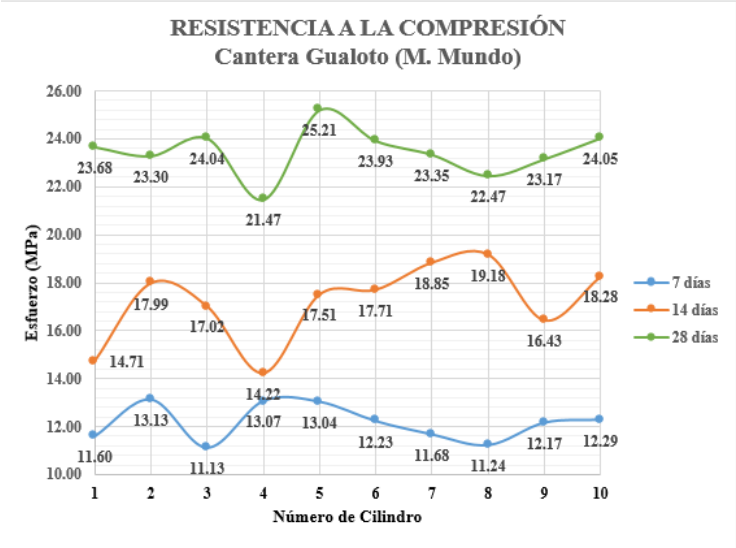

Figura 4. Resistencia a diferentes edades Cantera Gualoto (M. Mundo)

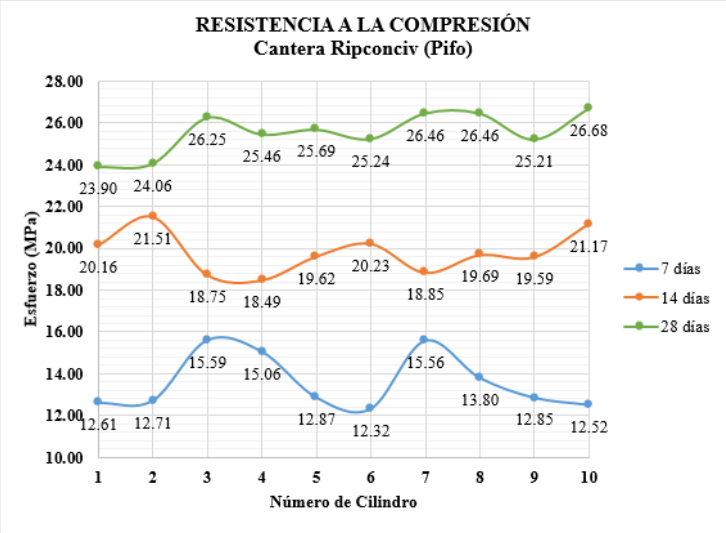

Figura 5. Resistencia a diferentes edades Cantera Ripconciv (Pifo)

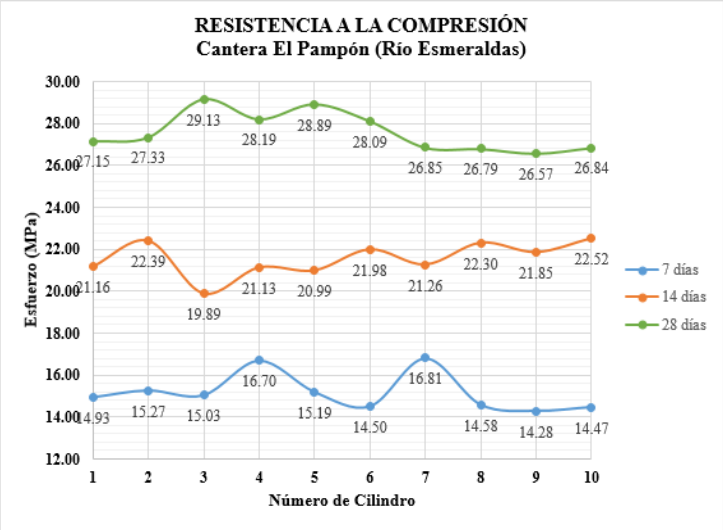

Figura 6. Resistencia a diferentes edades Cantera El Pampón (Rio Esmeraldas)

Es decir que, las demás probetas fueron ensayadas y graficadas únicamente para evidenciar la evolución del hormigón en su proceso de fraguado final.

Los mejores resultados se presentaron a los 28 días en la cantera de El Pampón (Río Esmeraldas) con una resistencia característica final de 26.06 MPa, es destacable que, desde los ensayos de caracterización del material, fue la cantera con mejores resultados y ello se representa en la Figura 7.

Los resultados finales se establecen con una variación aproximable a 2 MPa de cantera a cantera.

Queda de manifiesto que, a los 14 días en la cantera de la Gualoto (Mitad del Mundo), la resistencia desciende considerablemente. Ver Figura 4

Los resultados a los 28 días de edad para la cantera El Pampón (Río Esmeraldas): resistencia media 27.58 MPa, desviación estándar 0.86, coeficiente de variación 3.12% y una resistencia característica 26.06 MPa; para la cantera Ripconciv (Pifo): resistencia media 25.54 MPa, desviación estándar 0.95, coeficiente de variación 3.73% y una resistencia característica 23.94 MPa y para la cantera de Gualoto (Mitad del Mundo): resistencia media 23.47 MPa, desviación estándar 1.01, coeficiente de variación de 4.30% y una resistencia característica 21.82 MPa.

Continuando con el análisis de los resultados, en ocasiones es recomendable recurrir a otros métodos, como por ejemplo Fuller y Thompson, procedimiento que ajusta la granulometría real a una teórica ideal. Se observó que esta técnica generó buenos resultados; tal es el caso, que se pudo superar la resistencia a los 28 días de la cantera Gualoto. Al corregir la granulometría por esta metodología de Fuller y Thompson, es evidente el cambio y las cantidades de la mezcla, por ello, luego de ensayar las probetas obtenidas con la corrección mencionada se tabularon estos datos y se compararon. Ver Figura 8

Se demuestra con ello que la variación de granulometría de acuerdo con el método de Fuller y Thompson es viable y satisfactoria como una alternativa en mejora de resultados; es así que, para la cantera de Gualoto (Mitad del Mundo), mediante el método tradicional la máxima resistencia es de 25.21 MPa y por el método mencionado la mínima resistencia es de 25.55 MPa y la máxima de 28.37 MPa. Ver Figura 8

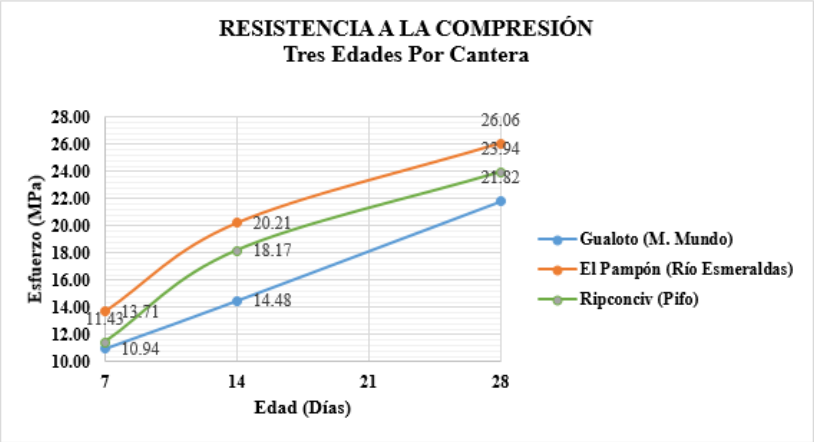

Figura 7. Resistencia a diferentes edades - tres canteras

Dichos resultados evidencian una clara visión que internamente cada material tiene un mejor desempeño que otro; considerando que, para el mismo tratamiento (diseño), se tienen diferentes porcentajes o cantidades de material tanto de agregado grueso, agregado fino y agua. Es decir, se estableció un factor determinante, que la relación agua-cemento (a/c) sea la misma para los tres materiales, y así observar el comportamiento del hormigón y poderlo atribuir a las propiedades físicas de cada material, de manera general.

Hipotéticamente se estimaba que el material que tendría un mejor desempeño sería el de la cantera El Pampón (Río Esmeraldas) y como lo afirma Jácome [1] en su artículo, el material de menor desempeño sería el de las canteras de la Mitad del Mundo; argumento que se pudo comprobar en los resultados finales al realizar los ensayos de compresión de las probetas cilíndricas de hormigón, las mismas que se trabajaron con material en las condiciones naturales de extracción en sus canteras, sin un tratamiento previo de selección u adecuación de los mismos.

Se enfatiza en la consideración de que para obtener buenas prestaciones en la calidad del hormigón se debe priorizar la importancia de la calidad del agregado y el método de diseño que se vaya a adoptar.

Resumiendo, los resultados según las gráficas presentadas anteriormente son satisfactorios sin dejar de lado ninguno de los materiales, aunque el pre-requisito de aceptación de un material según la NTE INEN 860 referente al desgate a la abrasión, indicaba que el material de la mitad del mundo no era apto para un hormigón.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se realizó un ajuste granulométrico de este material sin considerar este pre-requisito y se verificó que realmente sí se mejora la resistencia del hormigón, llegando a igualar y superar al material de la cantera de Pifo.

4. Conclusiones y Recomendaciones

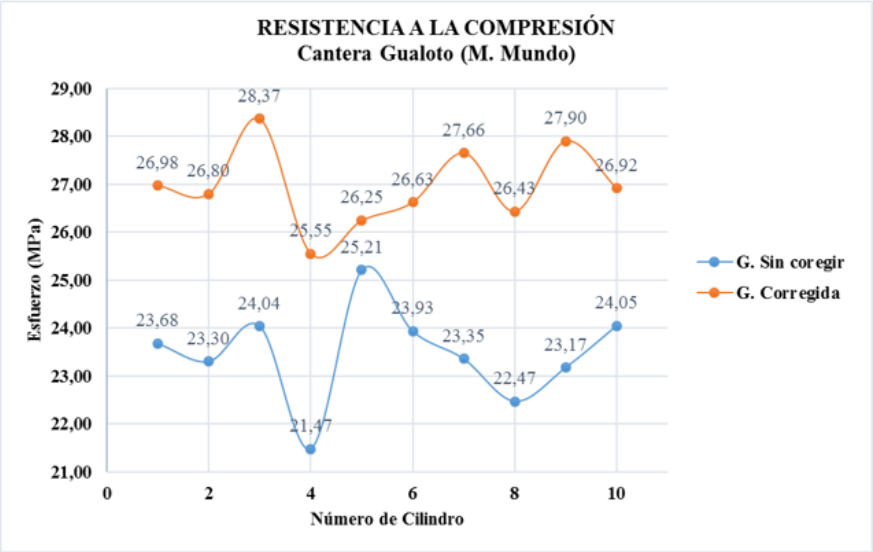

Figura 8. Resistencias obtenidas con y sin el método de Fuller y Thompson Cantera Gualoto (M. Mundo)

Con base al método estadístico empleado para este experimento que incluía como variables constantes la resistencia de diseño fijada a 21 MPa, revenimiento de 10 cm y la relación agua/cemento de 0,6 para cada tipo de agregado de las diferentes canteras; ha resultado, superior la resistencia a la compresión del agregado de la cantera de El Pampón (Río Esmeraldas).

Al determinar las propiedades físicas de los materiales, tanto en el agregado grueso como en el agregado fino, es notable el alto desempeño de la cantera El Pampón (Río Esmeraldas) con 26.06 MPa, la cantera Ripconciv (Pifo) con 23.94 MPa y, por otra parte, la cantera Gualoto (Mitad del Mundo) con 21.82 MPa queda establecida con los valores más bajos de entre las tres canteras.

Adicionalmente, a través de esta investigación se corrobora que las propiedades físicas de un material revelan una idea general de la resistencia a la compresión final de un hormigón. Por ejemplo, el peso específico del agregado de la cantera de El Pampón (Río) en la caracterización, es superior a los demás agregados, caso contrario con el desgaste a la abrasión que es bajo comparado con los otros agregados.

Como recomendaciones adicionales se tiene que una manera con la que se puede comprobar que la resistencia del hormigón no depende exclusivamente de la relación agua cemento a/c, es realizando una única pasta, o mortero, manteniendo esta relación y anexándole la grava en la medida requerida, conservando tal vez la granulometría del material, humedad, pero de diferentes canteras para su posterior ensayo o comprobación.

Existen muchos procedimientos que nos permiten mejorar las condiciones para un buen diseño del hormigón. Es por ello que se propuso el Método de Fuller y Thompson, para enmarcar la granulometría real del material la cantera Gualoto (Mitad del Mundo) en una granulometría ideal optimizando la utilización de los tamaños de las partículas de los agregados, se puede obtener un mejor comportamiento de los mismos dentro del hormigón; lo que se demostró obteniendo un incremento a la resistencia a la compresión de un 14.70 % en este material.

Referencias

[1] E. Jácome, “Calidad de materiales pétreos será publicado en Quito” [online]. Quito: El Comercio, 2016. Disponible: http://www.elcomercio.com/actualidad/calidad-materiales-canteras-mitaddelmundo-quito.html.

[2] OMQ 0557, “Ordenanza municipal para la explotación de materiales áridos y pétreos del DMQ” [online]. Quito: Secretaria del Ambiente, 2016. Disponible: http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Proyectos%20Ordenanzas/143/IC-O-2016-171.pdf

[3] Áridos, determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino y grueso. NTE INEN 856/857

[4] Áridos. determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos. NTE INEN 858

[5] Áridos. determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la máquina de los ángeles. NTE INEN 860.

[6] Áridos. determinación de la solidez de los áridos mediante el uso de sulfato de sodio o de sulfato de magnesio. NTE INEN 863.

[7] Áridos. análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. NTE INEN 696.

[8] Impurezas orgánicas NTE INEN 855.
[9] Standard test method for sand equivalent value of soils and fine aggregate.
ASTM D2419.
[10] J. Chan, R. Solís, M. Eric "Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto," Ingeniería 2da ed., vol. 7, México, 2003, pp. 40 - 45.
[11] A. Acosta, R. Cabrera, A. Medina "Influencia de la forma y textura de los agregados gruesos en la propiedad del hormigón." Ingeniería 2da ed., vol. 2, Paraguay, 2009, pp. 6 - 50.
[12] O. Giraldo, "Dosificación de mezclas de hormigón," en Métodos, Ed. UNAL, Medellín – Colombia, 2006, pp. 26 – 68.
[13] A. Ortega, "La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles" Trabajo de graduación, Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador, 2013, pp. 77 – 290.
[14] M. Gabelec, "Tiempo de fraguado del hormigón" Tesis de Becarios de Investigación, Universidad Tecnológica Nacional de la Plata, Argentina, 2008, pp. 11 – 28.
[15] American Concrete Institute (ACI 318s-15). Capítulo 3, 4 y 5 (Materiales, Requisitos de Durabilidad, Calidad del Concreto respectivamente).