



Estudio de los agregados pétreos de las canteras de Manabí y la dosificación del hormigón en la construcción de viviendas de interés social

Study of the stone aggregates of the Manabí quarries and the dosage of concrete in the construction of social housing

Estudo dos agregados pétreos das pedreiras de Manabí e a dosagem de concreto na construção de habitação social

Byron Efrén Vélez Hernández ^I
bvelez7196@utm.edu.ec
<https://orcid.org/000-002-3855-7598>

Wilter Enrique Ruiz Párraga ^{II}
wilter.ruiz@utm.edu.ec
<https://orcid.org/000-002-0045-9781>

Correspondencia: byevehe1983@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de mayo de 2022 * **Aceptado:** 12 de junio de 2022 * **Publicado:** 22 de julio de 2022

- I. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Resumen

Uno de los grandes desafíos que tienen los procesos constructivos es el uso de los materiales adecuados y las proporciones idóneas de los componentes en la mezcla del hormigón. El presente trabajo investigativo tiene como finalidad realizar la caracterización de los áridos finos y gruesos de tres de las canteras de mayor producción situadas en la provincia de Manabí. Con los datos obtenidos de los ensayos de materiales se realizó el análisis de las proporciones adecuadas de los áridos finos y gruesos que forman parte del hormigón y de la dosificación realizadas en doce pruebas a nivel de laboratorio y con diferentes proporciones entre los áridos de las tres canteras. Finalmente, se efectuaron los ensayos de resistencia a la compresión en los especímenes de hormigón endurecido, obteniendo con ello, datos experimentales y precios unitarios más representativos de las mezclas efectuadas que cumplieran con la resistencia de 21 MPa valor mínimo requerido para una vivienda de interés social. Los resultados de esta investigación permitirán no sólo brindar una mejor calidad en la fabricación del hormigón para construcciones de viviendas, sino también, cumplir con las resistencias y trabajabilidad especificadas al menor costo del mercado.

Palabras Clave: Hormigón; agregados; resistencia a la compresión; canteras; viviendas de interés social.

Abstract

One of the great challenges facing construction processes is the use of the right materials and the right proportions of the components in the concrete mix. The purpose of this research work is to characterize the fine and coarse aggregates of three of the quarries with the highest production located in the province of Manabí. With the data obtained from the material tests, the analysis of the appropriate proportions of the fine and coarse aggregates that are part of the concrete and of the dosage carried out in twelve tests at the laboratory level and with different proportions between the aggregates of the three was carried out. Finally, the compressive strength tests were carried out on the hardened concrete specimens, thereby obtaining experimental data and the most representative unit prices of the mixtures made that met the minimum resistance value of 21 MPa required for a social housing. . The results of this research will allow not only to provide a better quality in the manufacture of concrete for housing construction, but also to comply with the specified resistance and workability at the lowest cost in the market.

Keywords: Concrete; aggregates; compressive strength; quarries; social housing.

Resumo

Um dos grandes desafios enfrentados pelos processos de construção é o uso dos materiais corretos e as proporções corretas dos componentes na mistura de concreto. O objetivo deste trabalho de pesquisa é caracterizar os agregados miúdos e graúdos de três das pedreiras com maior produção localizadas na província de Manabí. Com os dados obtidos nos ensaios de materiais, a análise das proporções adequadas dos agregados miúdos e graúdos que fazem parte do concreto e da dosagem realizada em doze ensaios em nível laboratorial e com diferentes proporções entre os agregados dos três foi realizado pedreiras. Por fim, foram realizados os ensaios de resistência à compressão nos corpos de prova de concreto endurecido, obtendo-se assim os dados experimentais e os preços unitários mais representativos das misturas realizadas que atenderam ao valor mínimo de resistência de 21 MPa exigido para uma habitação social. Os resultados desta pesquisa permitirão não só proporcionar uma melhor qualidade na fabricação do concreto para construção de habitações, mas também atender a resistência e trabalhabilidade especificadas com o menor custo do mercado.

Palavras-chave: Concreto; agregados; força compressiva; pedreiras; habitação social.

Introducción

Los agregados conforman parte indispensable del hormigón, son muchas las normativas internacionales que se han creado para una mejor producción para que dicho material, sea resistente, trabajable, durable y económico.

De acuerdo a (Escobedo, 2006), la búsqueda de alternativas viables para el diseño y dosificación del hormigón es uno de los centros de investigación para generaciones futuras.

La explotación de canteras en Ecuador, se está regularizando en lo que concierne al medio ambiente y no precisamente en la calidad de materiales que como es de conocimiento, a la hora de construir, termina siendo el factor más importante según la obra para la que sean destinados.

La presente investigación busca establecer la mezcla adecuada entre los agregados pétreos de tres canteras de la provincia de Manabí y la dosificación apropiada de sus demás componentes que

permitan una mezcla satisfactoria del hormigón que cumpla no solo con resistencias a la compresión requerida sino también con la calidad, trabajabilidad y costos adecuados.

Uno de los aportes más significativos de la investigación, es dar a conocer el costo de su utilización en los cálculos de presupuestos para construcciones orientadas a este fin.

Según (Hernández, 2020), cita que para poder estudiar con detenimiento los materiales y sobre todo analizar sus características es importante realizar ensayos de laboratorio, este proceso brinda la oportunidad de entender a fondo los parámetros físicos y mecánicos de los agregados componentes del hormigón, siempre y cuando se los realice cumpliendo la Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN).

Es necesario para esta investigación citar algunas definiciones importantes que se encuentran en la NTE INEN 1855-2.

- Dosificación: Acción de medir por masa o volumen cada uno de los materiales para producir una parada de hormigón.
- Diseño de mezcla: Selección de proporciones de las materias primas necesarias para producir el hormigón con las propiedades requeridas y las características de resistencia y/o durabilidad especificadas.
- Resistencia especificada: Resistencia de cálculo con la que se diseña la estructura normalmente evaluada a los 28 días (Resistencia especificada a la compresión $f'c$).
- Resistencia promedio requerida: resistencia requerida para el diseño de la mezcla en laboratorio, empleada como base para la dosificación de laboratorio.

También es muy importante citar que las propiedades de los agregados son indispensables para el estudio de hormigón; ya que de estos dependen el 70 – 80 % de la dosificación en peso, y por lo tanto, es importante conocer esta información para poder combinarlos de manera satisfactoria.

Tabla 1. Propiedades generales de los materiales de construcción

Propiedad	Concepto
Densidad	Relación entre masa y volumen
Absorción	Capacidad de retener agua
Compacidad	Relación entre volumen real y aparente

Porosidad	Relación entre volumen de sólidos (minerales y materia orgánica) y espacio poroso
Resistencia al desgaste	Porcentaje de pérdida de peso
Resistencia mecánica	Capacidad de los materiales para soportar esfuerzo
Rigidez	Resistencia de una material a la deformación

Fuente: Tecnologías versión impres. (s.f.). Materiales: Los Pétreos. Obtenidos de

A continuación se citan algunas de las reglas para la dosificación de acuerdo al reglamento ACI 318S y la “Estándar Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavy Weight, and Mass Concrete” (ACI 211.1)

- La dosificación de los materiales para el concreto debe establecerse para lograr: Trabajabilidad y consistencia que permitan colocar fácilmente el concreto dentro del encofrado. Resistencia a exposiciones especiales.
- Como recomendación práctica proporciona dos métodos para seleccionar y ajustar la dosificación de un concreto de peso normal: a) el método del peso estimado y el del b) volumen absoluto.

De acuerdo a la norma ecuatoriana de dosificación de concreto (NTE INEN 1855-2), se debe tener cuenta las siguientes características de sus componentes:

- Cemento: El cemento debe cumplir con las normas NTE INEN 152 o NTE INEN 490 de acuerdo a los requerimientos o especificaciones del usuario.
- Áridos: Los áridos deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 872, y si se trata de hormigón liviano, se debe cumplir con la norma ASTM C-33-.
- Agua: El agua de la mezcla debe cumplir con la norma NTE INEN 1108
- Adicionales minerales: Las cenizas volantes y puzolanas naturales crudas o calcinadas deben cumplir con las especificaciones de la norma ASTM C 618.
- Escorias de altos hornos granuladas molidas: Las escorias de altos hornos granuladas molidas deben cumplir con las especificaciones de la norma ASTM C 989.

- Aditivos incorporadores de aire: Deben cumplir con las especificaciones de la norma ASTM C 260.
- Aditivos químicos: Los aditivos químicos, deben cumplir con las especificaciones de las normas ASTM C 494 o ASTM C 1017.

Metodología

Para realizar los ensayos de cargas al hormigón endurecido, se realizaron en primera instancia los ensayos a los áridos finos y gruesos que forman parte el hormigón objeto de estudio, para ello se aplicaron las NTE-INEN, para conocer las propiedades físicas y mecánicas de los agregados (granulometrías, gravedad específica, absorción, humedad, pesos unitarios sueltos y compactados), además se realizó la dosificación del hormigón aplicando los criterios del American Concrete Institute, A.C.I. 211.1, basada en la norma ASTM C33, además de la NTE INEN. 1855-1:2015 y NTE INEN. 1855-2:2015, realizando varias pruebas en sus porcentajes de agregados, se midieron las variables y se establecieron conclusiones a través de un diseño de mezclas. Corroborándose los objetivos planteados en la investigación.

Población y muestra de la investigación

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Manabí 2015 – 2024, existen alrededor de 50 canteras en estudio, de las cuales el 50 % cuenta con los permisos ambientales en regla cada uno con Plan de Manejo que permita mitigar y recuperar la zona, es y se encuentran inventariados en la Dirección de Gestión Ambiental y Riesgos cuyo permiso de funcionamiento ha sido emitido por la misma dirección.

Conociendo el total de canteras existentes en la provincia, se tomó como población para la investigación las tres de mayor explotación y producción de agregados finos y gruesos que se comercializan en Manabí cuyos materiales son empleados en la construcción de viviendas y otros tipos de obras civiles. En este trabajo de investigación, se le asigna un código a cada una de ellas, Cantera Picoazá (C1), Cantera Cerro de Hojas (C2) y Cantera San Isidro (C3).

La NEC-SE-HM Estructuras de Hormigón Armado, presentan valores típicos del módulo de elasticidad de los agregados (E_a), que se encuentran en el Ecuador para la provincia de Manabí $E_a = 52.5$ GPa.

Caracterización de las canteras

Cantera Picoazá (C1)

Ubicada en la parroquia Picoazá, cantón Portoviejo, sector sur oeste de la provincia de Manabí, el tipo de explotación es a cielo abierto; con un volumen diario aproximado de 250 m³ y mensualmente entre 7 000 y 9 000 m³ de explotación.

Tiene alrededor de 10 años en funcionamiento, aquí se explotan y procesan material pétreo como arena homogenizada, de banco (arena de mar lavada) y agregado grueso los cuales son clasificados por zarandeo mecánico y trituradora es decir que tienen un proceso de mejoramiento basado en trituración y gradación (árido grueso)

Cantera Cerro de Hoja (C2)

La cantera (C2) Localizada en la vía Portoviejo-Manta, comenzó su funcionamiento desde 1988, dentro de su línea de explotación muestran las categorías de material granular, piedras y triturados, todos procedente de las betas basálticas.

Cantera San Isidro (C3)

La Cantera **San Isidro (C3)**, localizada en la parroquia San Isidro, cantón San Vicente, el tipo de explotación aquí aplicado es a cielo abierto; explotan un volumen diario aproximado de 500 m³ y mensualmente entre 12 000 y 15 000 m³.

Tiene aproximadamente 15 años de funcionamiento, explotan y procesan material pétreo como arena y agregado grueso los cuales son clasificados por zarandeo mecánico y trituradora es decir que tienen un proceso de mejoramiento basado en trituración y gradación (árido grueso).

Ensayos de Laboratori

Para realizar los ensayos de los áridos finos y gruesos procedentes de las canteras, se emplearon las normas técnicas ecuatorianas regentadas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), se recurrió adicionalmente a las normas internacionales de la ASTM y ACI.

A continuación, se detallan las normas empleadas y los tipos de ensayos realizados a los agregados gruesos y finos de las canteras C1, C2 y C3.

- Muestreo de materiales pétreos ASTM D75, NTE INEN 0856, 2010
- Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (n° 200) por lavado ASTM D 1140-00, NTE INEN 0856, 2010
- Peso unitario y vacíos de los agregados ASTM C 29-97, NTE INEN 0858, 2010
- Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos ASTM C 136, NTE INEN 0696, 2011
- Gravedad específica y absorción de agregados finos ASTM C 128, NTE INEN 0856, 2010
- Peso específico y absorción de agregados gruesos ASTM C 127, NTE INEN 0856, 2010
- Abrasión los ángeles (l.a.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½") ASTM C 535, NTE INEN 0856, 2010
- Método de ensayo estándar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso ASTM D 5821-13
- Partículas livianas en los agregados.
- Método de ensayo para determinar cualitativamente las impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto ASTM C 87, NTE INEN 0856, 2010
- Método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado ASTM C 566-97 (2004), NTE INEN 0862, 2011

Caracterización de los agregados finos y gruesos de las canteras C1, C2 y C3.

De los ensayos realizados a los agregados finos y gruesos, según las normas técnicas existentes en el Ecuador y el mundo se obtuvieron los siguientes datos.

Tabla 2. Ensayos realizados a los áridos de las tres canteras en estudio.

CANTERAS	AGREGADOS	ENSAYOS DE MATERIALES							
		ABRACIÓN (%)	MF	TAMAÑO MAX. (mm)	PASANTE TAMIZ 200	GRAVEDAD ESPECÍFICA	ABSORCIÓN (%)	P.U.S (kg/m ³)	P.U.C (kg/m ³)
CANTERA 1	Arena Homogenizada	---	2,77	---	6,32	2,604	4,78	1365	1511
	Arena negra	---	2,57	---	9,92	2,451	7,4	1324	1520
	Agregado grueso	19,55	---	19,00	---	2,639	3,72	1396	1534
CANTERA 2	Arena Colimes	---	2,35	25,00	10,43	2,427	5,12	1315	1558
	Agregado grueso	18,1	---	---	---	2,766	2,4	1384	1519
CANTERA 3	Arena lavada	---	2,96	---	3,66	2,747	3,46	1629	1785
	A. Grueso	15,5	---	19,00	---	3,044	0,72	1550	1704

Los datos de la tabla 2, muestran que los materiales de las canteras en estudio, cumplen con los requerimientos para ser empleados dentro de las dosificaciones del hormigón.

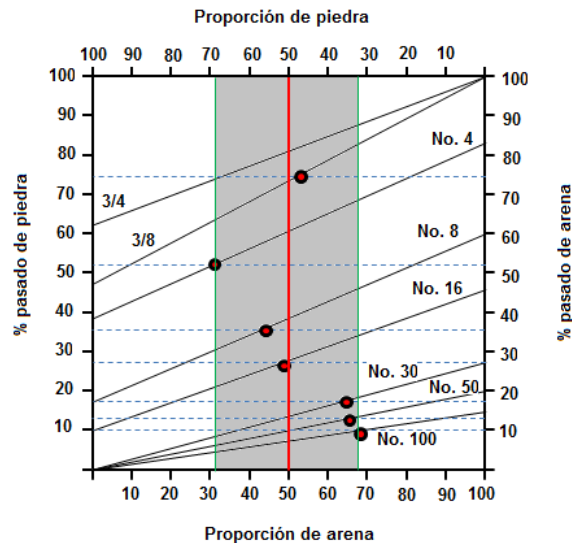
Para la dosificación del hormigón se emplearon estos valores, aplicando el método American Concrete Institute, A.C.I. 211.1, basada en la norma ASTM C33, además de la NTE INEN. 1855-1:2015 y NTE INEN. 1855-2:2015, con la finalidad de producir hormigones de buena calidad y bajo costo, teniendo presente las propiedades de consistencia, resistencia a la compresión y costo / beneficio.

Resultados

Para obtener mezclas de pruebas satisfactorias se realizaron 12 combinaciones a nivel de laboratorio de los materiales pétreos de las tres canteras de la provincia de Manabí, con la finalidad de estimar los porcentajes de los agregados más adecuados y establecer un diseño que cumpla con los mejores criterios de uso y factibilidad en las construcciones de viviendas de interés social.

Para el análisis de los porcentajes adecuados en las combinaciones de áridos finos y gruesos previa dosificación del hormigón, se empleó las especificaciones granulométricas ideales de Bolomey.

Gráfico 1. Proporciones de áridos a través de la combinación de Bolomey



De acuerdo al gráfico 1, el área enmarcada en gris es común a todos los tamices, por ello la proporción ideal de estos áridos bien pudiera ser de un 50 % de cada uno, definida en el gráfico por la línea roja, para el presente caso de estudio las combinaciones que se emplearon son valores próximos a los establecidos por Bolomey.

Se aclara que, una mezcla de prueba en laboratorio no da la respuesta final de una dosificación satisfactoria, aún cuando la condición de humedad en los agregados, se tomen en consideración. Solamente una mezcla hecha y utilizada en obra puede garantizar que todas las propiedades del hormigón sean satisfactorias en cada detalle para la obra particular que se tiene.

El asentamiento es un parámetro importante que se debe de considerar en el hormigón en estado fresco, porque determina el grado de fluidez de la mezcla en dependencia del suco que se le dé,

Gráfica 2. Revenimiento de mezcla en estado fresco



A continuación, se detallan criterios que se deben de considerar de acuerdo con el ACI 318-R95, la norma ASTM C 94 y la NTE INEN 0856, 2010, en relación al cumplimiento del valor especificado de resistencia $f'c$, el mismo que se logra cuando ambos requisitos se han satisfecho:

- El valor promedio de todos los juegos de tres resultados de prueba consecutivas es al menos igual a $f'c$;
- Ningún resultado de prueba cae debajo de $f'c$ en más de 3.5 Mpa

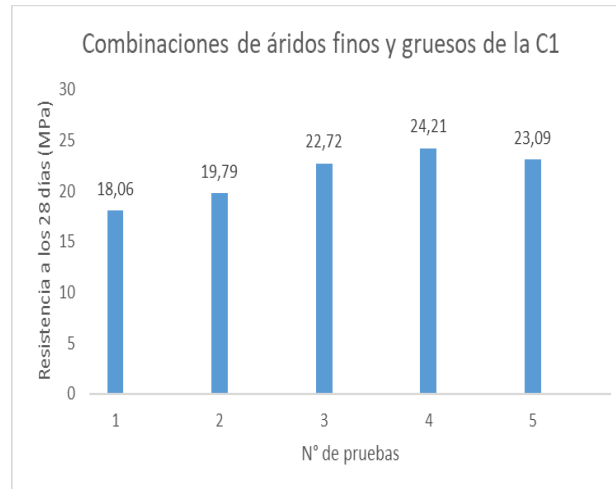
A continuación, se muestran la tabla 3, con las combinaciones porcentuales de áridos finos y gruesos de las canteras C1.

Tabla 3. Combinaciones porcentuales de áridos finos y gruesos de la cantera C1

PRUEBA	AGREGADOS	PESO DEL AGUA Kg/m ³	PESOS DE LOS AGREGADOS Kg/m ³	% DE AGRAGADOS	CEMENTO (kg/m ³)	RESISTENCIA PROM. (28 DÍAS)
1	A. H. C1	203,82	1689,37	52	380	18,06
	A. G. C2			48		
2	A. H. C1	216,27	1640,56	48	410	19,79
	A. G. C2			52		
3	A. H. C1	214,67	1634,99	52	410	22,72
	A. G. L. C2			48		
4	A. H. C1	288,03	1538,39	48	440	24,21
	A. G. C2			52		
5	A. H. C1	224,42	1601,57	48	430	23,09
	A. G. C2			52		

Posterior a la tabulación de los datos de las 5 pruebas realizadas al hormigón a través del ensayo de resistencia a la compresión, se procedió a elaborar el gráfico estadístico, considerando las pruebas y las resistencias obtenidas de los ensayos

Gráfico 3. Combinaciones de porcentajes de los agregados de la cantera C1



Las combinaciones de áridos de la cantera C1, cumplen con las condiciones ACI 318-R95, en relación a la resistencia. Para la selección de las proporciones idóneas, se consideró dos criterios adicionales, el primero está relacionado con la cantidad de cemento y el segundo con la trabajabilidad, que para el caso de la C1 se tomó como el mejor valor la prueba 5, porque cumple con los requisitos de trabajabilidad, resistencia y menor cantidad de cemento.

Gráfico 4. Ruptura de probetas a los 28 días



En la tabla 5, se muestran los valores de las combinaciones de áridos finos y gruesos de las canteras C1 y C2, además se muestran los valores de cemento utilizado en la dosificación para 1 m³ de hormigón.

Tabla 5. Combinaciones entre áridos finos y grueso de las canteras C1 y C2 para dosificación de 1 m³ de hormigón

PRUEBA	AGREGADOS	PESO DEL AGUA (Kg/m ³)	PESOS DE LOS AGREGADOS (Kg/m ³)	% DE AGRAGADOS	CEMENTO (kg/m ³)	RESISTENCIA PROM. (28 DÍAS)
1	A. H. C1	188,32	1755,95	50	370	18,52
	A. G. C2			50		
2	A.C1 (50%) + A.C2 (50%)	200,06	1727,64	55	370	20,69
	A. G. C2			45		
3	A.C1 (50%) + A.C2 (50%)	206,04	1697,66	50	385	23,31
	A. G.C2			50		

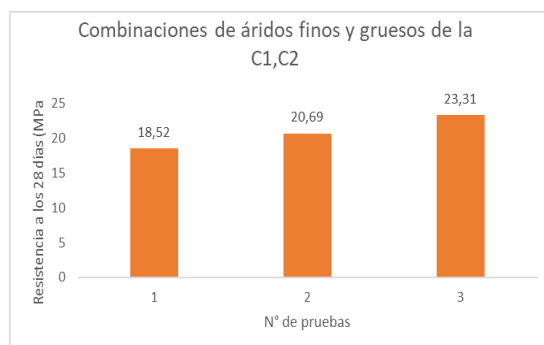


Gráfico 5. Combinación de agregados finos y gruesos de las canteras C1 y C2.

Según el análisis de la combinación de áridos de las canteras C1 y C2, las tres pruebas cumplen con los requisitos de resistencia del ACI 318-R95, a pesar de ello se toma como valor óptimo la prueba 3, misma que tiene las combinaciones de las arenas de las C1 en un 50% y de la C2 en el 50%, empleando áridos grueso de la C2.

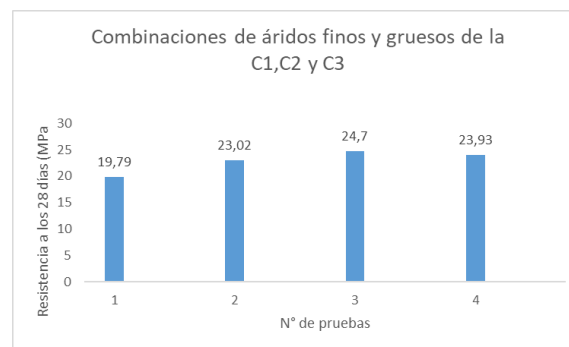
El siguiente análisis que se realiza se tabula en la tabla 6, en donde se muestra las combinaciones de áridos de las canteras C1, C2 y C3.

Tabla 6. Combinaciones de áridos de las canteras C1, C2, C3

PRUEBA	AGREGADOS	PESO DEL AGUA Kg/m3	PESOS DE LOS AGREGADOS Kg/m3	% DE AGRAGADOS	CEMENTO (kg/m3)	RESISTENCIA PROM. (28 DÍAS)
1	A. H. C1	167,79	1870,85	52	350	19,79
	A. G. C3			48		
2	A. H. C1	180,38	1809,81	48	380	23,02
	A. G. C3			52		
3	A. C1 (50%) + A. C2 (50%)	185,62	1852,59	52	370	24,7
	A. G. C3			48		
4	A. H. C1	174,55	1834,6	48	370	23,93
	A. G. C3			52		

El gráfico 6, muestra los valores del ensayo de resistencias a la compresión del hormigón endurecido.

Gráfico 6. Ensayo de resistencias a la compresión del hormigón endurecido



Al igual que los casos anteriores las pruebas de estas combinaciones de áridos cumplen con los requisitos de ACI 318-R95, dentro de las variantes analizadas la que cumple con las tres precisiones planteados para la investigación es decir trabajabilidad, resistencia y consumo de cemento es la prueba 4.

Finalmente se realiza el cuadro comparativo tabla 7, entre costo/beneficio de las siete mejores resistencias obtenidas de las combinaciones de áridos, se considera dentro del costo el precio unitario de cada prueba por metro cúbico de hormigón y los beneficios estrían representados por la resistencia a la compresión tomada a los 28 días y el revenimiento de la mezcla fresca que está relacionada con su trabajabilidad.

Tabla 7. Costo/beneficio de las combinaciones de áridos.

PRUEBAS	COSTO	BENEFICIO	
	P.U (USD)	Resistencia (Mpa)	Revenimiento (cm)
C1-C1 -PRUEBA 3	\$138,37	22,72	15
C1- C1 PRUEBA 4	\$120,18	24,21	20
C1-C1 PRUEBA 5	\$117,71	23,09	16
C1- C2 PRUEBA 3	\$106,21	23,31	15
C1- C3 PRUEBA 2	\$106,94	23,02	19
C1-C3 PRUEBA 3	\$104,73	24,7	15
C1-C3 PRUEBA 4	\$102,85	23,93	17

Para la toma de decisiones al momento de contratar una cantera que suministre la materia prima del hormigón, se deben tener en cuenta varios factores, en esta investigación se consideraron los precios unitarios por metro cúbico de hormigón contrastados con los beneficios de la resistencia y revenimiento,

Conclusiones

Después de realizar la búsqueda bibliográfica y desarrollado el proceso de experimentación a través de las combinaciones de áridos finos y gruesos de las canteras C1, C2 y C3, se concluye:

- Los áridos de las tres canteras objeto de estudio cumple con los parámetros establecidos por las Normas Técnicas Ecuatorianas para el empleo en la dosificación.
- Ningún resultado de pruebas realizadas a los hormigones diseñados cae por debajo de $f'c$ en más de 3.5 MPa, cumpliendo con lo requerido por el ACI 318-R95.
- Las combinaciones de los áridos de la cantera C1, con mejor resultados son los obtenidos en la mezcla de la arena homogenizada y áridos gruesos lavados, muestran mejor resultados porque al no tener impurezas de cualquier tipo mejora la trabajabilidad, resistencia y consumo de cemento, siendo el lavado del agregado una limitante porque aumenta el costo en la producción de hormigones.
- La combinación adecuada de agregados finos y gruesos, por prestaciones de mejor resistencia, mayor trabajabilidad y menor precio unitario estarían representadas por las variantes de la C1-C1 en la prueba 4, la C1-C3 en las pruebas 2 y 4 (tabla 7), al momento de tomar decisiones en la construcción de una viviendas de interés social.

- De la evaluación del análisis de costos comparativos anteriormente expuestos, se concluye que: La optimización de costos en las diferentes mezclas de hormigón para construcciones de viviendas de interés social, no siempre está en la utilización de los agregados más caros, sino en los más adecuados para que las mezclas de hormigón endurecido a más de cumplir su calidad, durabilidad y trabajabilidad, cumplan también, con su resistencia especificada al menor costo posible.
- Independientemente que las propiedades físicas y mecánicas de los agregados pétreos es importante siempre previo diseño de mezclas, establecer y hacer cumplir la curva granulométrica combinada del hormigón según Bolomey a fin de poder obtener porcentajes ideales de agregados y con ello, garantizar un bajo contenido de vacíos entre sus partículas y logrando así resultados satisfactorios de resistencia a la comprensión al menor costo posible.

Mediante los ensayos realizados a los agregados de las diferentes canteras es claramente notable que los resultados obtenidos aunque cercanos entre ellos, no serán exactamente los mismos, es decir, que las propiedades físicas y mecánicas de los agregados pétreos, van a diferir dependiendo de la cantera de donde hayan sido extraídos; por ende, al momento de fabricar hormigón, la dosificación empleada para una resistencia especificada no será siempre la misma.

Referencias

1. ACI (American Concrete Institute) Committee 318. (2014). Building Code Requirements or Structural Concrete (ACI 318-95) and Commentary (ACI 318R-95). Farmington Hills, MI.
2. American Society of Testing Materials
3. (ASTM), “D75” Método de ensayo normalizado para asentamiento de concreto. USA
4. American Society of Testing Materials
5. (ASTM), “D 1140-00” Determinación de la cantidad de material fino que pase en el tamiz.
6. American Society of Testing Materials
7. (ASTM), “C 136” Método de ensayo normalizado para determinar el análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos.
8. American Society of Testing Materials

9. (ASTM), “C 128” Densidad, densidad relativa (gravedad específica y absorción del agregado fino).
10. American Society of Testing Materiales
11. (ASTM), “C 128” Densidad, densidad relativa (gravedad específica y absorción del agregado fino).
12. American Society of Testing Materiales
13. (ASTM), “C 5821-13” Determinación de caras fracturadas.
14. American Society of Testing Materiales
15. (ASTM), “C 87” Impurezas orgánicas en arena
16. American Society of Testing Materiales
17. (ASTM), “C 566-97” Método de ensayo normalizado para determinar el contenido de humedad total evaporable de los áridos por secado
18. Hernández, E. H. O., Vínces, J. J. G Castro, C. M. J., & Zambrano, R. V. H. (2020). Estudio comparativo de resistencias
19. de hormigón de 240 kg/cm² usando los agregados finos, entre el río Portoviejo y el río Chone de la Provincia de
20. Manabí. Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología. RIEMAT ISSN: 2588 - 0721, 5(1), 35 - 44.
21. NTE INEN 0856. (2010). Áridos, determinación de la densidad, densidad relativa (Gravedad específica y absorción del árido fino. Instituto Ecuatoriano de Normalización
22. NTE INEN 1855-1. (2015). Hormigones. Determinación del asentamiento, hormigón preparado en obra. Instituto Ecuatoriano de Normalización
23. NTE INEN 1855-2. (2015). Hormigones. Determinación del asentamiento, hormigón preparado en obra. Instituto Ecuatoriano de Normalización
24. NTE INEN 696. (2010). Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. Instituto Ecuatoriano de Normalización
25. NTE INEN 858. (2010). Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de los vacíos. Instituto Ecuatoriano de Normalización
26. NTE INEN 862. (2011). Áridos para hormigón. Determinación del contenido de humedad. Instituto Ecuatoriano de Normalización

27. Escobedo, C.J.M (2006). Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados. Ingeniería. Investigación y Tecnología, VII (3), 151 – 163
28. Tecnologías versión impres. (s.f.). Materiales: Los Pétreos. Obtenidos de
29. <http://recursostecno.wikispaces.com/file/view/materiales+petreos+espa%C3%B1ol.pdf>

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).