

Obtención del concreto de alta resistencia a la compresión, por el método ACI, usando canteras de la ciudad de Chimbote

Obtaining high concrete compressive strength by the aci method using quarries of the city of Chimbote

Obtendo concreto com alta resistênciã à compressão, pelo método de aci, utilizando pedreiras da cidade de Chimbote

Rogelio Fermín Castañeda Gamboa¹, Robert Wilfredo Sigüenza Abanto¹, Jorge Antonio Montañez Reyes¹, Lina Kimberlhy Minaya Chavesta¹

Resumen

En el trabajo de investigación efectuado, se pretende aportar información técnica sobre la influencia de los materiales existentes debidamente seleccionados y graduados granulométricamente en las mezclas del concreto de alta resistencia, mediante la elaboración y ensayo de probetas, utilizando las canteras del distrito de Chimbote, como son "Ruben" y "Samanco". Con estos agregados previamente seleccionados, graduados y analizados, se elaborarán mezclas de prueba añadiendo y variando la cantidad de material inerte, teniendo como guía el procedimiento aplicado por el ACI. Habiéndose obtenido para cada dosificación de prueba 9 probetas cilíndricas, las mismas que se ensayaron a los 7, 14, y 28 días de edad. El diseño patrón efectuado fue de $f'c$ 350 kg/cm² para ambas canteras obteniéndose: en el laboratorio a los 28 días de edad en la Cantera Rubén (patrón) $f'c$ 343.48 kg/cm²; (experimental) $f'c$ 424.42kg/cm². Cantera Samanco (patrón) $f'c$ 332.57 kg/cm²; (Experimental) $f'c$ 381.48kg/cm². En el ANOVA se encontró diferencias significativas en las resistencias medias a la compresión de los cuatro tratamientos, correspondiendo la mayor resistencia a la cantera Rubén experimental. (En el ANOVA comparar los cuatro tratamientos, con 3 grados de libertad: cantera 1 patrón, cantera 1 experimental, cantera 2 patrón, cantera 2 experimental).

Palabras clave: Resistencia a la compresión, tecnología de concreto

Abstract

In the research work, it is intended to provide technical information on the influence of existing materials properly selected and graduated granulometrically in the mixtures of high strength concrete, through the preparation and testing of specimens, using the quarries of the district of Chimbote, as They are "Ruben" and "Samanco". With these aggregates previously selected, graduated and analyzed, test mixtures will be elaborated adding and varying the amount of inert material, having as a guide the procedure applied by the ACI. A total of 9 cylindrical specimens were obtained for each test dose, which were tested at 7.14 and 28 days of age. The standard design was $f'c$ 350 kg / cm² for both quarries, obtaining: in the laboratory at 28 days of age in the Rubén Quarry (standard) $f'c$ 343.48 kg / cm²; (experimental) $f'c$ 424.42kg / cm². Cantera Samanco (pattern) $f'c$ 332.57 kg / cm²; (Experimental) $f'c$ 381.48kg / cm². In the ANOVA, significant differences were found in the mean resistance to compression of the four treatments, with the greatest resistance to the Rubén experimental quarry. (In the ANOVA compare the four treatments, with 3 degrees of freedom: quarry 1 pattern, quarry 1 experimental, quarry 2 pattern, quarry 2 experimental).

Keywords: Compression resistance, concrete technology

¹ Facultad de Ingeniería. Universidad San Pedro. Chimbote – Perú, castanedarogelio2@yahoo.es

Recibido el 30 de abril del 2018
Aceptado el 16 de junio del 2018

Resumo

Na investigação realizada, ela destina-se a fornecer informação técnica sobre a influência de materiais existentes apropriadamente seleccionados e graduados granulométricas misturas de betão de alta resistência de preparar e testar amostras usando pedreiras distrito Chimbote, quanto Eles são "Ruben" e "Samanco". Com estes agregados previamente seleccionados, graduados e analisados, serão elaboradas misturas de teste adicionando e variando a quantidade de material inerte, tendo como orientação o procedimento aplicado pelo ACI. Um total de 9 amostras cilíndricas foram obtidas para cada dose teste, que foram testadas aos 7,14 e 28 dias de idade. O projeto padrão foi de 350 kg / cm² para ambas as pedreiras, obtendo-se: no laboratório aos 28 dias de idade, na Pedreira Rubén (padrão), para 343,48 kg / cm²; (experimental) f'c 424,42 kg / cm². Cantera Samanco (padrão) f'c 332,57 kg / cm²; (Experimental) f'c 381,48 kg / cm². Na ANOVA, diferenças significativas foram encontradas na resistência média à compressão dos quatro tratamentos, com a maior resistência à pedreira experimental de Rubén. (Na ANOVA comparar os quatro tratamentos, com 3 graus de liberdade: pedreira 1 padrão, pedreira 1 experimental, pedreira 2 padrão, pedreira 2 experimental)

Palavras chave: Resistência à compressão, tecnologia de concreto

Introducción

ACI,(1905): Instituto Americano del Concreto es una organización sin ánimo de lucro de los Estados Unidos de América que desarrolla estándares, normas y recomendaciones técnicas con referencia al hormigón reforzado. Se fundó en 1904 y su sede central se halla en Farmington Hills, Michigan, USA.

Antonio, et al. (1970): la granulometría en sus propiedades mecánicas, es necesario indicar el rango de valores para los que el término debe aplicarse, pero antes de intentar acotar las resistencias para las cuales puede usarse esta acepción, puede ser útil describir cómo se han venido incrementando en las últimas décadas los valores de la resistencia a la compresión. En los años cincuenta, un concreto con resistencia a los esfuerzos de compresión de 350 kg/cm² (34.3 MPa) era considerado de alta resistencia; hoy día, este valor es considerado normal. En la siguiente década los valores de los esfuerzos de compresión de 400 a 500 kg/cm² (39.2 a 49.1 MPa), se usados comercialmente en algunos sitios (principalmente en países del primer mundo), y para los ochenta ya se producían concretos con valores que llegaban casi al doble.

El concreto convencional proporciona un sinnúmero de ventajas y beneficios, sin embargo, para proyectos con requisitos más exigentes, es necesario desarrollar concretos de mayor resistencia mecánica. A mediados del siglo XX, se llegó a optimizar el conocimiento de que era posible obtener mejores características del concreto bajando la relación agua cemento, Las resistencias comunes utilizadas en la época eran de 18 y 24 MPa.

Para mejorar las características del concreto se empezaron a utilizar aditivos químicos, lo cual facilito manejar relaciones a/c mínimas difíciles de manipular en condiciones normales, y permitió realizar construcciones de proyectos más exigentes como edificios de gran altura con secciones menores (CIP 15. 2014).

En concreto los aditivos más utilizados en la época eran los retardantes y Superplastificantes. Estos retardantes existentes en el mercado por ser más económicos se utilizaban con mucha frecuencia, pero no eran muy eficientes ya que provocaban el retardo del fraguado y aumentaban las porosidades en el concreto (ASTM C 494 -1962).

Estos concretos son producidos con los mismos materiales tradicionales, solo que incorporan adiciones químicas y minerales, por lo que tienen un comportamiento superior al de los concretos convencionales, (RNE. E 0.60 2010).

En Noruega, en el año de 1980, se investigó añadiendo materiales con propiedades cementantes a la acción del cemento, con el propósito de mejorar el desempeño del concreto y usarlo como material ligante suplementario en la elaboración puntual de concretos de alta resistencia. Para considerar su efecto es necesario adicionarlos a la cantidad de cemento empleada, generándose así el concepto de relación agua/ materiales cementantes (a/mc) o agua material ligante (a/ml) (Norma EHE08-2012).

La utilización de aditivos está orientada directamente a la reducción cada vez mayor de las relaciones agua material cementante, Bajo estas condicionantes los concretos no solamente eran más resistentes a la compresión simple, sino que también ayudo a mejorar la resistencia a la tracción por flexión, módulos de elasticidad, consistencia, resistencia a la abrasión, impermeabilidad, y demostrando una mayor durabilidad (RNE. E 0.60 2010).

El concreto de alta resistencia es un concreto de alto comportamiento, una de las propiedades más valiosa y la que le da versatilidad es la alta resistencia a la compresión. La presente investigación trata de buscar una metodología para obtener concretos de alta resistencia, con asentamiento en el rango de 3" _ 4" usando cemento Pórtland tipo I (INEN, 2001).

El concreto (hormigón) es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada piedra machacada, pedrejón), creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua (PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. 2004).

El ACI presenta un concepto para hormigones de alta resistencia. "Es un hormigón que cumple con la combinación de desempeño especial y requisitos de uniformidad, combinación que no puede ser rutinariamente conseguida usando solamente los componentes tradicionales y las prácticas normales de mezcla colocación y curado", planteándonos el problema ¿mediante el método ACI se podrá obtener concreto de alta resistencia a la compresión, utilizando agregados de las canteras de la ciudad de Chimbote?, siendo nuestro objetivo de investigación el llegar a establecer la dosificación optima de la mezcla que producirá un concreto simple con una resistencia requerida de 350 kg/cm² en base a la resistencia especificada a la compresión de 350 kg/cm², representada por una mezcla definitiva, la misma que será adaptada después de una serie de dosificaciones de prueba, utilizando los agregados descritos, aplicando el método ACI. En la realización de las dosificaciones de prueba, se seleccionará, se graduarán y se analizarán los agregados hasta obtener condiciones óptimas, teniendo en cuenta la relación agua-cemento (A/C), llegando a concretos de alta resistencia.

Material y Métodos

La presente investigación fue de tipo aplicada y explicativa, de diseño experimental (grupo de control y grupo experimental), con enfoque cuantitativo. La unidad experimental estuvo constituida por probetas cilíndricas de concreto elaborados, curadas y ensayadas a la compresión. Los tratamientos estuvieron conformados por: grupo control: probetas cilíndricas de concreto sin gradación, R: A/C. y grupo experimental (2 canteras): probetas cilíndricas de concreto con gradación R: A/C.

La población estuvo conformado por el conjunto de probetas según ACI en las condiciones indicadas y la muestra que se trabajó por 36 probetas, 18 probetas control, 9 probetas experimentales cantera Rubén y 9 probetas experimentales cantera Samanco.

El diseño muestral consistió en medir la resistencia a la compresión del concreto a las edades de 7,14 y 28 días de la muestra patrón y los experimentales

Las variables fueron: variable dependiente: Resistencia a la compresión y la variable independiente: relación agua cemento (A/C)

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro, que se concentró en obtener resultados de la resistencia a la compresión de las probetas elaboradas con agregados de las canteras de Chimbote, utilizando gradación y relación agua-cemento (A/C), siguiendo la metodología ACI (diseño de mezcla de concreto). Se aplicó métodos estadísticos descriptivos y método estadístico inferencial.

Tabla N° 1: Cantidad de probetas a realizar en la investigación.

DISEÑO DE CONCRETO				
DIAS DE CURADO	CANTERA RUBEN CON UNA RELACION A/C - 0.675	CANTERA RUBEN CON UNA RELACION A/C - 0.667	CANTERA SAMANCO CON UNA RELACION A/C - 0.675	CANTERA SAMANCO CON UNA RELACION A/C - 0.667
	AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO			
	SIN GRADACION	CON GRADACION	SIN GRADACION	CON GRADACION
7	 =X	 =X	 =X	 =X
14	 =X	 =X	 =X	 =X
28	 =X	 =X	 =X	 =X

Fuente: elaboración propia

Método ACI

El procedimiento descrito en ACI 211.1 detalla 2 métodos de proporcionar mezclas de concreto de peso normal y denso que son:

- Basado en un peso estimado del concreto por volumen unitario.
- Basado en el cálculo del volumen absoluto ocupado por los componentes del concreto

Resultados

Lo que se muestran en los gráficos es los resultados y comparación entre muestra patrón y experimental.

Tabla N° 2: Comparación de resultados de las dos canteras Rubén y cantera Samanco con y sin gradación

CUADRO DE PROMEDIOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
RESISTENCIA A LA COMPRESION CONCRETO F'C=350KG/CM2				
DIAS DE CURADO	CANTERA RUBEN SIN GRADACION PATRON KG/ CM2	CANTERA RUBEN CON GRADACION EXPERIMENTAL KG/ CM2	CANTERA SAMANCO SIN GRADACION PATRON KG/ CM2	CANTERA SAMANCO CON GRADACION EXPERIMENTAL KG/ CM2
7 PROMEDIO	268.31	324.15	241.54	269.45
14 PROMEDIO	319.54	375.46	277.59	314.89
28 PROMEDIO	343.49	424.42	332.58	381.48

Fuente: elaboración propia

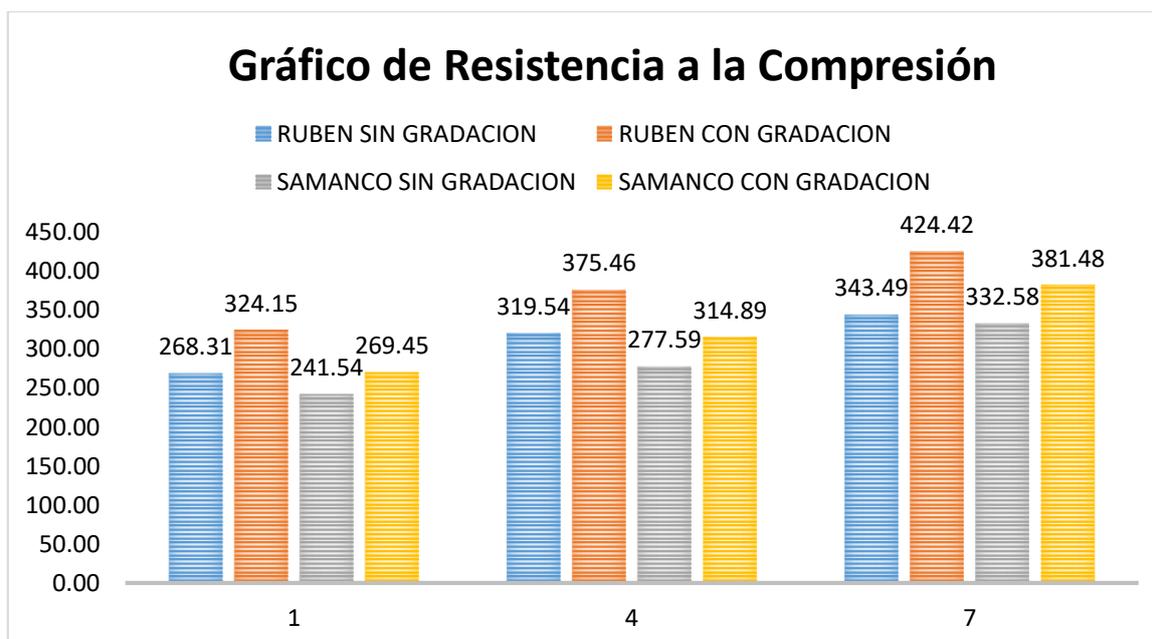


Figura N° 1: Resistencias a la compresión 7,14 y 28 días de curado de las dos canteras con y sin gradación.

Tabla N° 3: Comparación de resultados de las dos canteras Rubén y cantera Samanco con gradación

RESISTENCIA A LA COMPRESION CONCRETO F'C=350KG/CM2		
DIAS DE CURADO	CANTERA RUBEN CON GRADACION EXPERIMENTAL KG/ CM2	CANTERA SAMANCO CON GRADACION EXPERIMENTAL KG/ CM2
7 PROMEDIO	324.15	269.45
14 PROMEDIO	375.46	314.89
28 PROMEDIO	424.42	381.48

Fuente: elaboración propia

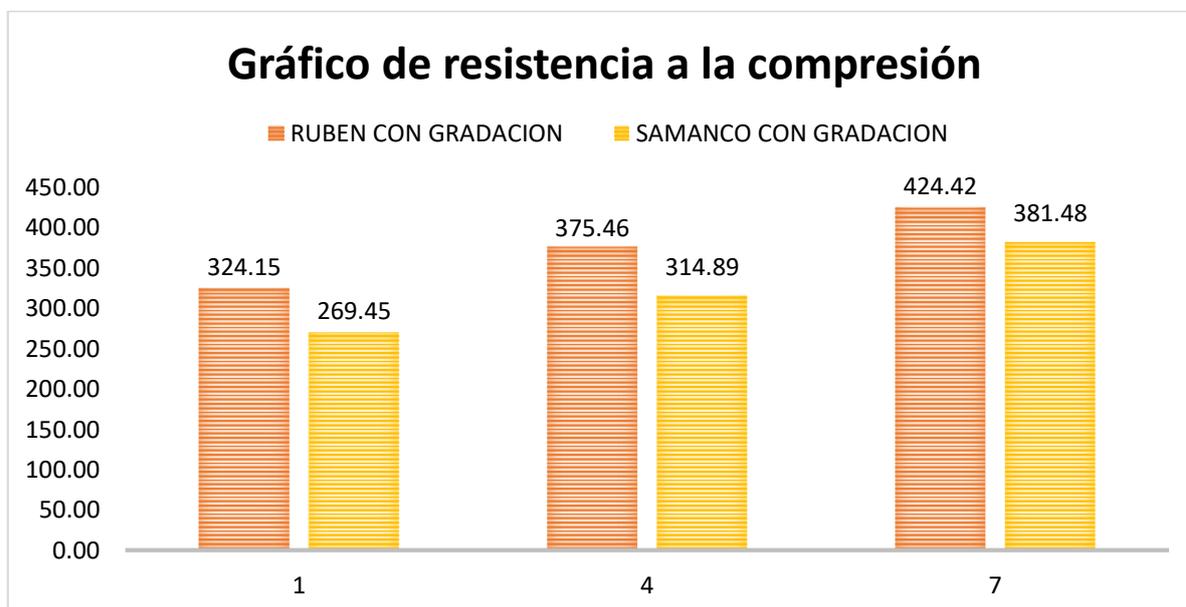


Figura N° 2: Resistencias a la compresión 7,14 y 28 días de edad con gradación.

Tabla N° 4: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las medias de las resistencias.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Cantera con Gradación	4171,734	1	4171,734	103,523	0,010
Días de curado	11297,276	2	5648,638	140,173	0,007
Error	80,595	2	40,298		
Total	15549.605	5			

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP.

En la tabla 4 se puede visualizar que el p-value $< \alpha$ ($0.010 < 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm² logradas en las probetas de concreto, con agregados con gradación de la cantera Rubén y con agregados con gradación de la cantera Casma son diferentes.

También se tienen que para los días de curado p-value $< \alpha$ ($0.007 < 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son diferentes a consecuencias de los días de curado.

Discusión

Se seleccionó 2 canteras para este tipo de investigación, cantera Samanco y Rubén, teniendo en cuenta las siguientes referencias:

Cantera Rubén agregado grueso

- Tiene una resistencia a la compresión de 2400 kg/cm²
- Un desgaste 8%
- Absorción 0.83 %

Cantera Samanco agregado grueso

- Tiene una resistencia de 1900 kg/cm²
- Un desgaste 12%
- Absorción 0.99%

En la fase de la muestra de control, sobre el requerimiento de $f'c$ 350 kg/cm², se obtuvo para la cantera Rubén un $f'c$ 343.49 kg/cm², la cantera Samanco obtuvo un $f'c$ 332.58 kg/cm² con relación agua-cemento A/C = 0.675 y un SLUMP de 3 y 3.2 pulgadas respectivamente.

En la fase de la muestra experimental, luego de la eliminación de material fino a través de la gradación granulométrica, se obtuvo resultados para la cantera Rubén un $f'c$ 424.42 kg/cm², y la cantera Samanco obtuvo un $f'c$ 381.48 kg/cm², a los 28 días de edad, con relación agua-cemento A/C = 0.667 y un SLUMP de 3 y 3.2 pulgadas respectivamente.

En consecuencia, la cantera Rubén aportó una mejor resistencia a la compresión, por efecto de la gradación, la relación agua-cemento A/C es menor y el ser menor se tendrá una mayor resistencia a la compresión, se visualiza el horizonte siguiente a mayor

gradación menor relación agua-cemento A/C, y esto implica mayor resistencia a la compresión.

Conclusiones

- Se seleccionó dos canteras de Chimbote cantera Rubén y cantera Samanco.
- La relación agua-cemento de la muestra patrón, es 0.675, y SLUMP de 3.0 y 3.2 pulgadas para la cantera Rubén y Samanco.
- A través del método ACI, utilizando gradación granulométrica se consigue eliminar material fino.
- La relación agua cemento para muestra experimental, es 0.667, y SLUMP de 3.0 y 3.2 pulgadas, para la cantera Rubén y Samanco.
- Las probetas cilíndricas de concreto se ensayaron a los 7,14 y 28 días de edad, con diseño requerido $f'c$ 350 kg/cm².
- La resistencia a la compresión de la muestra control a los 28 días, fue cantera Rubén $f'c$ 343.49 kg/cm² y cantera Samanco $f'c$ 332.58 kg/cm².
- La resistencia a la compresión de la muestra experimental en promedio a los 28 días fue cantera Rubén $f'c$ 424.42 kg/cm² y cantera Samanco $f'c$ 381.48 kg/cm².
- Las muestras experimentales superan al diseño requerido cantera Rubén en 21.26%, cantera Samanco 8.99%.

Referencias biográficas

- Antonio, et al. (1970): Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. Revista Construcción y Tecnología <http://www.imcyc.com/revista/2000/dic2000/resistencia.htm>
- ASTM, C494. (1962). Historial Standard: Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto. <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C494C494M-08a-SP.htm>
- CIP, 15. (2014). Estatuto único ordenado del colegio de ingenieros del Perú. Aditivos Químicos para el concreto. Aditivos químicos para el concreto. <https://www.google.com.pe/search?q=cip+15&oq=cip+15&aqs=chrome..69i57j0l5.4514j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- COMITÉ ACI. (1905). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario (Versión en español y sistema métrico). ACI. https://es.wikipedia.org/wiki/American_Concrete_Institute
- INEN. (2001). Código Ecuatoriano de la Construcción. Requisitos de Diseño del Hormigón Armado. Quito.
- Norma, EHE08. (2012) guía de aplicación de la instrucción de hormigón estructural. <https://www.casadellibro.com/libro-guia-de-aplicacion-de-la-instruccion-de-hormigon-estructural-ehe-edificacion/9788449809781/2383166>
- Portland cement association. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. México.
- RNE, E060. (2010) Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones, <https://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230&dPrint=1>