

## Concreto ligero

Luis Eduardo Cantero Valadez (1), Luis Elías Chávez Valencia (2)

1 Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: le.canterovaladez@ugto.mx

2 Departamento de Ingeniería Civil, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: lechavez.ug@gmail.com

### Resumen

Con el objetivo de producir un concreto hidráulico (CH) con mejores propiedades mecánicas a las habituales, se ha utilizado perlita de poliestireno pre-expandida (PPPE) como agregado con la finalidad de elaborar un concreto hidráulico ligero (CHL). Para la elaboración del CHL se elaboró una mezcla de arena, grava, cemento y PPPE, utilizando el método de dosificación del American Concrete Institute (ACI) se calculó la cantidad de material necesario para elaborar un CH de  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$  y, para determinar la cantidad de perla pre-expandida que se utilizó se ha empleado una relación de 0.2542 litros de perla pre-expandida por cada kilogramo de cemento calculado en la dosificación ACI. Los resultados experimentales nos muestran que la dosificación utilizada provocó una reducción de la resistencia a compresión del CHL en un 7.66% con respecto a lo esperado y una reducción en el peso específico del mismo en un 7.35%. La investigación está directamente destinada al desarrollo y evaluación de resultados del CH aligerado con PPPE.

### Abstract

In order to produce an hydraulic concrete (CH) with mechanic properties better than habitual, pre-expanded polystyrene pearls (PPPE) was used as aggregate in order to elaborate an hydraulic lightweight concrete (CHL). To elaboration of CHL was produced a mixture of sand, gravel, cement and PPPE, using the proportion method of the American Concrete Institute (ACI), were calculated the necessary quantity of material to elaborate a CH of  $f'c= 150 \text{ kg/cm}^2$ , and to determine the quantity of pre-expanded pearl used, were employed a relation of 0.2542 liters of pre-expanded pearls by each cement kilogram calculated in the ACI proportion. Experimental results showed that the used proportion caused a reduction of compression resistance in the CHL in 7.66% with regard to expected, and a density reduction of 7.35%. The investigation is destined direct to the development and evaluation of results of CH lightened with PPPE.

### Palabras Clave

Poliestireno pre-expandido; agregado ligero; resistencia a compresión; materiales de construcción; dosificación.

## INTRODUCCIÓN

### Materiales de construcción

#### El concreto hidráulico

- *Objetivo*

Se evaluará el resultado de añadir una cantidad en volumen de PPPE con respecto a la cantidad en peso de cemento utilizado en la elaboración de 10 especímenes de CHL utilizando el método de dosificación ACI para elaborar un CH de  $f'c=150\text{kg/cm}^2$ . Los resultados serán analizados para el desarrollo de relaciones adecuadas entre cantidades de PPPE y la dosificación ACI.

- *Hipótesis*

El método de dosificación para CH del ACI se puede ajustar a la necesidad de elaborar el CHL que se requiere. Con la adición de la PPPE el peso volumétrico del CH disminuirá según la cantidad de PPPE añadida. La resistencia a compresión simple del CH se puede ver afectada si la cantidad de PPPE añadida es excesiva.

- *Antecedentes*

El CH es una mezcla de arena, grava, un cementante y aire que reacciona con el agua formando una lechada que envuelve y aglomera al agregado pétreo [1].

En la industria de la construcción, el CH es un material clave para las cada vez más complejas edificaciones del hombre. En términos generales, es un material con grandes ventajas como la versatilidad para ser utilizado en una gran variedad de edificaciones de diversas necesidades, también presenta propiedades físico-químicas muy favorables para las construcciones como alta resistencia, fraguado relativamente rápido, o durabilidad, además, una de las principales ventajas es su economía pues su coste de fabricación y trabajabilidad son propiedades que lo hacen económicamente muy accesible en comparación a otros materiales como el acero por ejemplo.

El CH también presenta desventajas para el constructor, una de las más importantes es el peso

específico que presenta. El peso propio que presenta una estructura construida a base de CH puede presentar desventajas en el diseño de la estructura como dimensiones muy grandes, también puede llegar a presentar problemas en el suelo como asentamientos enormes por ejemplo.

- *Justificación*

Con el objetivo de optimizar las propiedades del CH, en este caso, desarrollar una alternativa que minimice el problema del peso específico, la implementación de aditivos como perlita de poliestireno pre-expando ha demostrado experimentalmente que su implementación como agregado en mezclas de CH logra reducir el peso específico del CH y a su vez modifica otras propiedades como la resistencia mecánica, absorción de agua y encogimiento [2].

La PPPE es un polímero. La base del poliestireno es el estireno, un líquido cuyas moléculas se polimerizan, dando origen a las macromoléculas de poliestireno. El estireno se mezcla íntimamente con agua y un agente de expansión: el hidrocarburo pentano  $C_5H_{12}$ . De esta forma obtenemos el poliestireno expandible que posteriormente será expandido de a cuerdo a las necesidades comerciales [3].

La PPPE es producto de la expansión primaria de pequeños granos de poliestireno puro en recipientes de operación continua alimentados con vapor de agua bajo condiciones controladas de temperatura y presión [3].

## MATERIALES Y MÉTODOS

Según el método de dosificación ACI, se requiere conocer algunas propiedades fundamentales de los materiales a utilizar para de esta forma establecer guías y aproximarse a las combinaciones idóneas de materiales para elaborar el CH requerido. Se ha utilizado un cemento Portland Ordinario (CPO) (de a cuerdo a la Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE) como aglomerante en la mezcla de CH, con un peso específico de  $3.15\text{ gr/cm}^3$ . Como agregado fino se utilizó arena normal con un peso específico de  $2.61\text{ gr/cm}^3$ , una absorción del 2.77%, un contenido de humedad de 0.99% y un modulo de finura de 2.28. Como agregado grueso se utilizó grava con un peso específico de  $2.60\text{ gr/cm}^3$ ,

absorción de 1.08%, contenido de humedad de 0.99%, peso volumétrico suelto varillado de 1467 kg/cm<sup>3</sup> y un tamaño máximo de 25.4 mm. Agua natural fue utilizada conforme a la NOM-C-122-1982. Se decidió utilizar PPPE comercial y virgen de 4 mm de diámetro.

De acuerdo a los datos registrados de los materiales y a los cálculos según el método ACI, la cantidad para la elaboración de 10 cilindros de CHL de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto, incluyendo un desperdicio de 25% es la siguiente: cemento 17.70 kg, arena 43.28 kg, grava 68.72 kg, agua 13.63 lts y PPPE 4.4 lts.

Para la elaboración de la mezcla se usó una revolvedora de motor, en la cual fueron mezclados todos los materiales. Cabe señalar que según el conocimiento empírico de un técnico de laboratorio que estuvo presente en la elaboración del CHL, se añadió además, 860 ml de agua, pues la mezcla presentaba una consistencia seca y poco trabajable.

Rápidamente se hizo la prueba de revenimiento, la cual arrojó un resultado de 15 centímetros. Enseguida se terminó con la elaboración de los 10 cilindros hechos en moldes de metal con las medidas requeridas, con el proceso de elaboración según ACI. Los especímenes se dejaron fraguar un día entero a la intemperie en sombra para después pasarlos al cuarto húmedo de fraguado, donde se guardarán en condiciones óptimas para que los procesos químicos necesarios del CH durante el fraguado se lleven a cabo en un ambiente adecuado. Las pruebas de resistencia que se le harán a los especímenes de CHL se llevarán cuando estos cumplan una edad de 7, 14 y 28 días, dándoles un día entero de nueva cuenta a la intemperie y a la sombra antes de cada prueba. En estas pruebas solo se determinará la resistencia a compresión simple de 3 cilindros en cada etapa y 4 cilindros en la etapa final de 28 días. La prueba a compresión simple de cada espécimen se llevara a cabo cabeceando los cilindros con azufre en una de sus bases y serán probados en una máquina hidráulica de compresión simple. La Figura 1 muestra la imagen de un espécimen después de provocarle la falla en la máquina de compresión simple.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mediciones hechas a cada espécimen en la prueba de compresión se muestran en las Tablas 1, 2 y 3, en donde se presenta un promedio de la altura y diámetro de cada cilindro, así como su peso y la resistencia obtenida.

Para determinar el peso específico de cada espécimen debemos obtener el volumen de cada cilindro con los datos obtenidos y dividirlo entre su peso. Para determinar la resistencia a compresión simple, debemos dividir la resistencia obtenida en la prueba compresión de cada cilindro entre el área de la base donde la fuerza fue aplicada, el área de presión de todos los cilindros es aproximadamente de 175 cm<sup>2</sup>. El promedio de estos resultados se presentan en la Tabla 4, así como el decremento del peso específico promedio en los cilindros si normalmente el CH tiene una densidad de 2.4 ton/m<sup>3</sup> [1]. Se muestra además, el porcentaje de resistencia alcanzado en cada etapa respecto a lo especulado, es decir, respecto a una resistencia a compresión de 150 kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia a compresión final promedio alcanzada fue de 138.51 kg/cm<sup>2</sup>, la Figura 2 representa la variación de la resistencia a compresión dependiendo de la edad de los cilindros. El peso específico final promedio de los especímenes fue de 2.22 ton/m<sup>3</sup>. Las tendencias de estos resultados son semejantes a los obtenidos por [2], en donde también se presenta un decremento en estas propiedades. Cabe destacar que los 860 ml de agua añadidos adicionalmente durante la elaboración de la mezcla de CHL probablemente afectaron la resistencia final de los cilindros, pues mientras la presencia de agua es mayor en estas mezclas, la trabajabilidad aumenta, pero la resistencia final disminuye [1], por lo tanto, para cuidado futuros se recomienda, si es necesario, añadir una cantidad menor de agua.

## CONCLUSIONES

Se ha logrado un decremento en el peso específico de todos los especímenes de CH, a la par, se ha detectado un decremento en la resistencia a compresión simple. La dosificación ACI parece seguir teniendo validez a pesar de la presencia de PPPE añadido pues la disminución

de la resistencia del CHL es relativamente baja. Es claro que el decremento de la resistencia está relacionado con la presencia de PPPE en el CHL, por lo tanto, el desarrollo de esta investigación puede llegar a definir relaciones idóneas entre la dosificación ACI y una cantidad de PPPE establecida con experimentos empíricos.

[2] Elsalah, J., Al-Sahli, Y., Akish, A., Saad, O. & Hakemi, A. (2013). The influence of recycled expanded polystyrene on concrete properties: influence on flexural strength, water absorption and shrinkage. American Institute of Physics Publishing.

[3] Chávez, L. E. (2014). Concreto ligero. Verano de investigación UG 2014.

## REFERENCIAS

[1] Chávez, L. E., Hernández, C. (2008). Caracterización básica de los materiales de construcción. Guanajuato, Guanajuato: Editorial Morevallado.

Tabla 1:

Mediciones obtenidas de los especímenes de CH probados a 7 días	Mediciones			
	Altura (cm) (promedio)	Diámetro (cm) (promedio)	Peso (kg)	Resistencia a compresión (ton)
1. Espécimen 1	30.03	14.86	11.59	19.50
2. Espécimen 2	29.93	14.93	11.48	18.00
3. Espécimen 3	30.00	14.90	11.67	19.00

Tabla 2:

Mediciones obtenidas de los especímenes de CH probados a 14 días.	Mediciones			
	Altura (cm) (promedio)	Diámetro (cm) (promedio)	Peso (kg)	Resistencia a compresión (ton)
1. Espécimen 4	29.90	14.93	11.44	22.50
2. Espécimen 5	30.03	15.03	11.73	23.00
3. Espécimen 6	29.93	14.93	11.67	22.50

Tabla 3:

Mediciones obtenidas de los especímenes de CH probados a 28 días.	Mediciones			
	Altura (cm) (promedio)	Diámetro (cm) (promedio)	Peso (kg)	Resistencia a compresión (ton)
1. Espécimen 7	30.00	14.90	11.60	23.50
2. Espécimen 8	30.00	14.96	11.72	22.50
3. Espécimen 9	29.93	14.96	11.68	24.50
4. Espécimen 10	30.00	14.90	11.69	26.50

Tabla 4:

Propiedades finales de los especímenes de CHL	Resultados			
	Peso específico promedio (ton/m <sup>3</sup> )	Resistencia a compresión simple (kg/cm <sup>2</sup> )	Decremento del peso específico (%)	Resistencia alcanzada respecto a lo esperado (%)
1. 7 días	2.22	108.06	7.68	72.04
2. 14 días	2.20	128.88	8.15	85.92
3. 28 días	2.22	138.51	7.35	92.34



IMAGEN 1: Espécimen de CHL después de la prueba de resistencia a compresión simple.

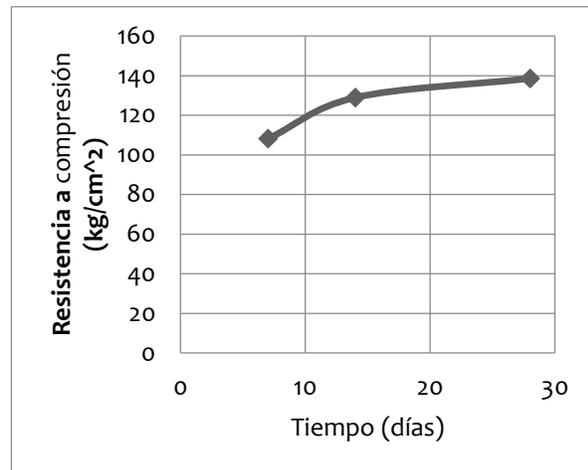


IMAGEN 2: Representación gráfica de la variación de resistencia de a cuerdo a la edad de los especímenes.