

Efectividad del curado interno del concreto mediante la saturación del agregado grueso en comparación a otros tipos de curado

Effectivity of internal curing of concrete by saturating gravel in contradistinction to other types of curing.

¹Luis Matías Tejada Arias

²Héctor Albarino Pérez Loayza

¹Ingeniero Civil. Egresado de la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional de Cajamarca. Ingeniero de Oficina Técnica y Control de Proyectos en Industria de Construcción Privada, E mail: matias.tejada@outlook.com

²Master en Ingeniería. Docente Principal de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca. E mail: halpelo3@hotmail.com

Resumen: Este estudio se realizó en Cajamarca, Perú; en donde, en la elaboración de concreto, el curado de éste se realiza de manera superficial, desconociéndose la efectividad de los tipos de curados comunes utilizados en el desarrollo a la resistencia a compresión del concreto. Por lo cual existe una necesidad de buscar nuevos métodos más efectivos de curado y compararlos con los curados comunes. Así, esta tesis planteó como objetivo: Determinar qué efectividad tiene el curado interno del concreto mediante la saturación del agregado grueso, referente a la humedad y a la resistencia a la compresión, en comparación a otros tres tipos de curado. Se planteó tomar como objeto de estudio cuatro tipos de curado del concreto (f_c : 210 Kg/cm²) obteniéndose así los tratamientos del concreto: (a) concreto con curado con rociado de agua (b) con aditivo Membranil Vista (c) con curado sumergido en agua y compararlo con una propuesta de (d) curado interno mediante la saturación de agregado grueso. De estos tratamientos se estudiaron las variables de humedad en el concreto y resistencia a compresión a la edad de 7, 28 y 90 días. Concluyendo que el curado interno mediante la saturación de agregado grueso fue más efectivo en retención de humedad y aumento de resistencia a compresión del concreto a diferencia de los otros tratamientos de curado comunes estudiados.

Palabras Clave: aditivo generador de membrana, efectividad, curado, curado interno, resistencia a compresión, humedad.

Abstract: This study was made in Cajamarca, Peru. Where, the elaboration of concrete and the curing of it are made in a superficial way, unknowing the effectiveness of this common types of curing in the development of compressive strength. Whereby, it exists a necessity to search new effective curing methods and compare them with common types of curing. Therefore, this thesis has as objective: To determine the effectiveness of internal curing by the saturation of the gravel, referring to the humidity and the resistance to the strength in comparison to three other types of common curing concrete. For that, it was proposed to take as an object of study four types of cured of concrete (f_c : 210 Kg/cm²) obtaining different treatments of concrete which were: (a) concrete curing water spray (b) with additive Membranil Vista (c) curing submerged in water and compare it with a proposal (d) internal curing by saturating gravel. Of these four treatments of concrete were studied the variables: humidity in concrete and compressive strength at the age of 7, 28 and 90 days. Concluding that the treatment of internal curing by water saturation proposed was more effective in the retention of humidity and increased of compression resistance in contradistinction to other common treatments studied.

Keywords: Additive membrane generator, concrete curing, effectively, compressive strength, internal

Introducción

El concreto es el material de construcción más usado en el mundo por su capacidad de poder ser utilizado en formas ilimitadas en la construcción, es un producto artificial de la mezcla de agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados que normalmente son arena y grava, creando una masa similar a una roca. En el Perú, según la Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM), se despacharon aproximadamente 10.707 millones de toneladas de cemento portland en el año 2015 con los cuales se produjeron aproximadamente 32 millones de metros cúbicos de concreto en todo el país.

Para obtener un concreto que cumpla con las especificaciones para el cual va a ser utilizado (resistencia a la compresión, durabilidad) es necesario que en los primeros días de edad, se encuentre en un entorno que reúna adecuadas condiciones de temperatura y humedad que aseguren la hidratación del cemento. Los métodos utilizados para mantener estas condiciones se llaman "curado". El grado de hidratación (cantidad de cemento hidratado) tiene influencia sobre la resistencia y la durabilidad del concreto.

En casi la totalidad de los concretos elaborados en el país se realiza un curado de manera superficial, ya sea un curado por humedecimiento superficial durante los primeros días de edad o por rociado de compuestos líquidos formadores de membrana impermeable. Sin embargo, se desconoce la efectividad de estos tipos de curado en el desarrollo a la resistencia del concreto. Existiendo dudas sobre su eficacia, ya que, comúnmente se observan problemas de agrietamiento en estructuras, lo cual, puede ser originado por un curado no adecuado del concreto. También, produciría que las resistencias a compresión de muestras extraídas con diamantina de concreto en obra

inferiores a las requeridas según las especificaciones técnicas.

Así, existe una necesidad de proponer otros tipos de curado que sean más efectivos. Por lo cual, en la presente investigación se estudia un nuevo tipo de curado, llamado curado interno, que de acuerdo con Bentz y Snyder, (1999), Surgió la idea de curado interno en 1991, mediante el uso de agregado liviano. Desde entonces, diversos autores han estudiado el uso de la saturación de agregado liviano, polímeros súper absorbentes y arcillas expandidas como método de incorporar agua en el concreto, demostrando un alto grado de efectividad obteniendo mejores desarrollos de resistencia a la compresión, mejor durabilidad y menor aparición de fisuras por cambios volumétricos por contracción. (López, y otros, 2005).

En esta tesis se estudió una propuesta de curado interno mediante la saturación máxima de agregado grueso, donde, para determinar su efectividad estudiamos el efecto que tiene este tipo de curado en la retención de humedad y en la resistencia a la compresión y luego compararlos con otros curados ya conocidos, por lo expuesto, se planteó el siguiente **problema de investigación:** *¿Qué efectividad tiene el curado interno del concreto mediante la saturación del agregado grueso, referente a la retención de humedad y aumento de la resistencia a compresión del concreto, en comparación a otros tres tipos de curado: rociado con agua, rociado de líquido formador de membrana y sumergido en agua?*

Esta tesis brinda un aporte teórico importante, recopilando información referente a los métodos de curado del concreto, en especial del curado interno del concreto, que, si bien desde 1991 se estudia el curado interno del concreto, no se encuentran investigaciones referentes a curado interno mediante la saturación del agregado grueso, pudiendo ser la base para investigaciones futuras referentes a este tipo de curado.

Este tipo de curado interno de concreto mediante saturación del agregado grueso puede proponerse como un nuevo curado a utilizar. Respondiendo a un problema común y constante al que se enfrentan los involucrados en el área de construcción; siendo común encontrar fisuración o agrietamiento en estructuras de concreto y resistencias a compresión del concreto inferiores a las requeridas, todo por falta de un curado óptimo.

Así, se tomó como **objetivo general de la tesis:** *Determinar qué efectividad tiene el curado interno del concreto mediante la saturación del agregado grueso, referente a la humedad y a la resistencia a la compresión, en comparación a otros tres tipos de curado: rociado con agua, rociado de líquido formador de membrana y sumergido en agua.*

Se propuso esta alternativa de curado, ya que, el agregado grueso saturado al máximo también podría funcionar como un tipo de curado interno, pues, el agua almacenada en el agregado se suelta y cura de forma interna al concreto por gravedad y por la propiedad física del agua de pasar de poros grandes a más pequeños existentes en la pasta de cemento, realizando así un curado interno para el concreto.

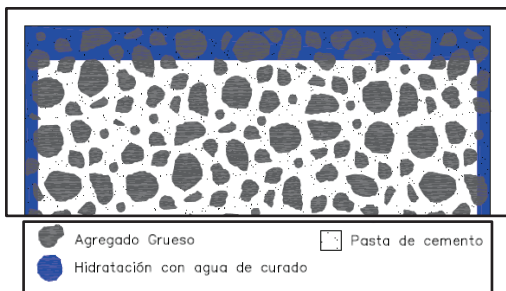


Figura N°1, Curado externo del concreto visto en sección transversal.

En la figura N°1 se representa el curado superficial del concreto mediante la adición de agua, lo cual, solo puede hidratar las superficies del concreto expuestas, sin permitir el curado de las partes inferiores y la parte interna de las

estructuras del concreto, además tal como se expone en el concepto de Robert Philleo (Aldana, 2014), el curado superficial solo permite la hidratación de unos milímetros del concreto, produciendo una barrera impermeable

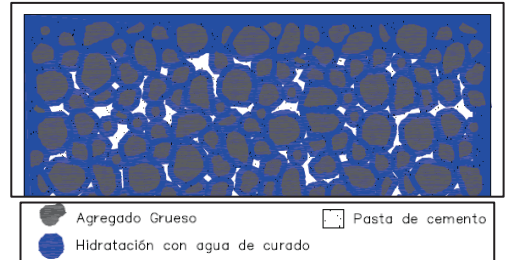


Figura N°2. Curado interno mediante saturación de agregado grueso visto en sección transversal.

Como se observa en la figura N°2, cuando la mezcla de concreto ha fraguado, el agregado grueso comenzará a aportar agua de curado internamente (por la propiedad del agua de viajar entre los poros y por gravedad), lo que significaría un aporte más uniforme de agua de curado interno, por lo cual consideramos que este curado interno propuesto podría ser tan efectivo como el curado interno mediante materiales porosos y absorbentes, e incluso, no presentando restricciones de alcanzar máximas resistencias a compresión como es el caso de curado interno con agregado ligero.

Materiales y métodos

Este estudio es una investigación experimental, ya que, se estudia una propuesta de curado interno mediante la saturación de agregado grueso que fue comparado con otros tres tipos de curados ya conocidos, tomando como tratamiento patrón al curado sumergido en agua.

Así, la hipótesis de este estudio fue que el curado interno mediante saturación del agregado grueso será más efectivo en retención de humedad del concreto que los curados mediante rociado con agua y rociado

de líquido formador de membrana; al mostrar valores mayores en 1 y 3%; pero será menos efectivo que el curado sumergido en agua, o tratamiento patrón, al mostrar valores menores entre 1 y 3%. De otro lado, será más efectivo en resistencia a la compresión del concreto en comparación a los otros tipos de curado; al mostrar valores mayores entre 10 y 20% respecto a los curados mediante rociado con agua y rociado de líquido formador de membrana, y, entre 5 y 10% respecto al curado sumergido en agua, o tratamiento patrón.

Teniendo como variables de estudio dependientes: la efectividad del curado del concreto: es la variable dependiente principal de este estudio, la cual se determina estudiando las variables de humedad del concreto y resistencia a compresión del concreto debido a la aplicación de la variable independiente que es el tipo de curado.

La efectividad es la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera, en el curado el efecto que se quiere lograr es: (a) retener la mayor cantidad de humedad del concreto, para mejorar la hidratación del cemento, disminuir la presencia de cemento no hidratado y la contracción autógena por desecación y (b) aumentar la resistencia a la compresión del concreto al favorecer la hidratación del cemento.

Referente a los criterios para selección de las unidades de análisis y observación, Se eligieron cuatro tratamientos para un concreto f_c : 210 Kg/cm²; el curado de concreto con rociado con agua se eligió por ser el método más utilizado en el país, el curado con aditivo formador de membrana (utilizando el producto membranil vista de Chema) se eligió por ser también uno de los más utilizados, el curado de concreto mediante sumersión en agua, que constituye el tratamiento patrón; se eligió por ser el tipo de curado estándar en laboratorio. (NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.033, 2009) y el curado interno del concreto mediante saturación del agregado grueso se eligió como

una alternativa de curado. Así mismo, se eligió como unidades de estudio los especímenes cilíndricos de concreto para ensayos de aceptación para la resistencia a compresión de medidas de 150 mm de diámetro x 300 mm de altura. Ya que, según recomendaciones de la NTP 339.033-2009 puede ser utilizada para para evaluar la suficiencia del curado.

Las etapas de la investigación, fueron las siguientes:

a. Se obtuvo agregado que cumpla con los requerimientos de las normas nacionales y se estudió sus propiedades, donde, la propiedad más importante para este estudio fue la absorción máxima del agregado grueso, determinando que se obtiene sumergiéndolo en agua por un tiempo de 72 horas; y así utilizarse para el tratamiento de curado interno, se realizó el diseño de mezclas de concreto de los tratamientos utilizando el método de Módulo de Finura de la Combinación de Agregados, y luego el ajuste de mezclas por contenido de humedad, que fue necesario para tener un mismo diseño de mezclas para todos los tratamientos.

d. Para cada uno de los cuatro tratamientos de estudio se elaboraron 15 especímenes cilíndricos de concreto (unidades de estudio), de los cuales cada 05 especímenes fueron ensayados a resistencia a compresión a la edad de 14, 28 y 90 días; 05 repeticiones para cada caso, se consideró esta cantidad de repeticiones por lo indicado en la Norma ACI 318.

e. Se aplicó los tratamientos de curado a los especímenes de estudio:

e.1. Tratamiento de especímenes cilíndricos de concreto curados con rociado de agua: después de haber desmoldado los especímenes de concreto fueron rociarlos con agua, lo cual se realizó cada día en los 7 primeros días, dos veces al día.

e.2. Tratamiento de especímenes cilíndricos de concreto curados con rociado de líquido formador de membrana, usando Membranil Vista de Chema: después de haber desmoldado los especímenes de concreto se roció una sola aplicación de este producto.

e.3. Tratamiento de especímenes cilíndricos de concreto curado sumergidos en agua: después de desmoldar se sumergieron en agua a una temperatura cercana a 21°C (ASTM C 31M-08a, 2008).

e.4. Tratamiento de especímenes cilíndricos de concreto con curado interno del concreto: Consistió en elaborar los especímenes cilíndricos de concreto utilizando agregado grueso saturado al máximo por 72 horas.

f. Se obtuvo los datos de resistencia a la

compresión de las unidades de estudio (mediante la Norma ASTM C 39) y datos de humedad de las unidades de estudio: tomando en cuenta que la profundidad de la muestra de concreto sea la misma para todos los especímenes.

h. Se realizó el análisis de resultados y verificación de hipótesis mediante al análisis estadístico y prueba de rango múltiple de Tukey a un intervalo de confianza de 95%, para diferenciar estadísticamente los tratamientos y analizar la retención de humedad y aumento de resistencia a compresión encontrando una relación entre el aumento de la resistencia a la compresión con la retención de humedad del tratamiento de curado aplicado.

Resultados y discusión

Tabla N°1: Diferencia de las medias de humedad de la propuesta de curado interno con los tratamientos de curado estudiados a edades de 7, 28 y 90 días.

TRATAMIENTO	Resultados a los 7 días			Resultados a los 28 días				Resultados a los 90 días			
	Media de humedad a 7 días (%)	Agrupación por Tukey con CI de 95% a los 7 días	Diferencia con curado interno a 7 días	Media de humedad a 28 días (%)	Agrupación por Tukey con CI de 95% a los 28 días	Diferencia con curado interno a 28 días	Pérdida de humedad entre los 7 y 28 días	Media de humedad a 90 días (%)	Agrupación por Tukey con CI de 95% a los 90 días	Diferencia con curado interno a 90 días	Pérdida de humedad entre los 28 y 90 días
1. C. ROCIADO AGUA	9.46%	D	-1.17%	5.65%	C	-1.07%	-3.81%	3.35%	D	-2.81%	-2.30%
2. C. MEMBRANIL	9.84%	C	-0.79%	4.48%	D	-2.25%	-5.36%	4.02%	C	-2.14%	-0.46%
3. C. SUMERGIDO*	12.16%	A	1.53%	9.25%	A	2.52%	-2.92%	6.77%	A	0.61%	-2.48%
4. C. INTERNO	10.64%	B	0.00%	6.73%	B	0.00%	-3.91%	6.16%	B	0.00%	-0.57%

(*) Tratamiento patrón

El tratamiento de curado interno retuvo una humedad interna de 10.64% a los 7 días, 6.73% a los 28 días y 6.16% a los 90 días, teniendo una retención de humedad cercana al tratamiento con curado sumergido, demostrando ser más eficiente en la retención de agua interna que los tratamientos de curado con rociado con agua y membranil; los cuales tuvieron una humedad final a los 90 días de 3.35% y 4.02%.

En la figura N°1 se observa que a la edad de 7 días el tratamiento que mantiene más humedad dentro de los especímenes de concreto fue el tratamiento con curado sumergido en agua, donde se tuvo una media de porcentaje de humedad de 12.16%, manteniéndose como el tratamiento con más retención de humedad a los 28 y 90 días, pero a los 90 días tuvo un porcentaje de humedad cercana al curado interno propuesto.

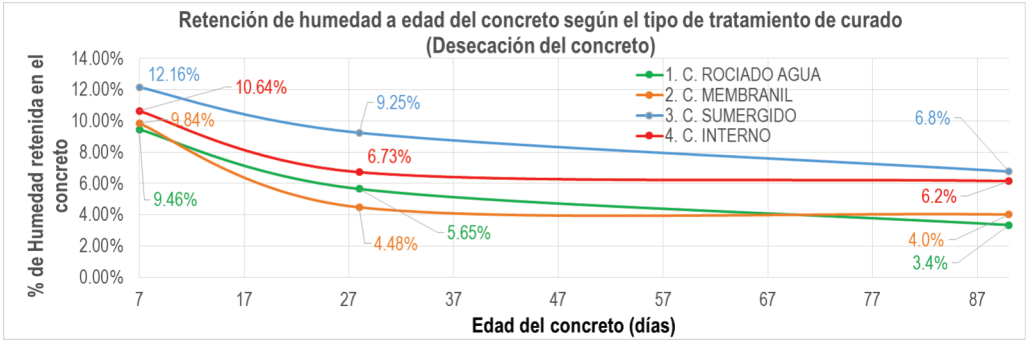


Figura N°11: Gráfica de retención de humedad a edades (deseccación del concreto) de 7, 28 y 90 días según el tratamiento de estudio

En la figura N°1 se observa como a la edad de 7 días el tratamiento que mantiene más humedad dentro de los especímenes de concreto fue el tratamiento con curado estándar sumergido en agua, donde se tuvo una media de porcentaje de humedad relativo de 12.16%,

manteniéndose como el tratamiento con más porcentaje de humedad retenida en el concreto a la edad de 28 y 90 días, pero a los 90 días tuvo un porcentaje de humedad de 6.8% y el curado interno propuesto presentó una humedad de 6.2%.

Tabla N°1: Diferencia de las medias de resistencia a compresión de la propuesta de curado interno con los tratamientos de curado estudiados a edades de 7, 28, 90 y 360 días.

TRATAMIENTO	Resultados a los 7 días			Resultados a los 28 días			Resultados a los 90 días		
	Media de resistencia a la compresión a los 7 días (Kg/cm²)	Diferencia con tratamiento de propuesta de curado interno a los 7 días	Agrupación por Tukey con CI de 95% a los 7 días	Media de resistencia a la compresión a los 28 días (Kg/cm²)	Diferencia con tratamiento de propuesta de curado interno a los 28 días	Agrupación por Tukey con CI de 95% a los 28 días	Media de resistencia a la compresión a los 90 días (Kg/cm²)	Diferencia con tratamiento de propuesta de curado interno a los 90 días	Agrupación por Tukey con CI de 95% a los 90 días
1. C. ROCIADO AGUA	160.66*	(+12.38%) (+19.89 Kg/cm2)	C	216.16	(+17.03%) (+36.82 Kg/cm2)	B	282.7***	(+15.37%) (+43.44 Kg/cm2)	C
2. C. MEMBRANIL	157.46*	(+14.66%) (+23.09 Kg/cm2)	C	189.48	(+33.51%) (+63.5 Kg/cm2)	C	284.83***	(+14.5%) (+41.31 Kg/cm2)	C
3. C. SUMERGIDO	192.51	(-6.21%) (-11.96 Kg/cm2)	A	246.88**	(+2.47%) (+6.1 Kg/cm2)	A	301.552	(+8.15%) (+24.59 Kg/cm2)	B
4. C. INTERNO	180.55	100.00%	B	252.98**	100%	A	326.14	100%	A

Como se observa en la figura N°2 el curado interno obtuvo una menor resistencia que el curado sumergido en agua a los 7 días, luego a los 28 días superó a este tratamiento pero siendo sus medias estadísticamente iguales, pero a los 90 días se tiene las medias de

resistencia diferentes estadísticamente siendo el curado interno en 8.15% que el curado sumergido en agua y mayor en 15.35% que el tratamiento con curado con rociado con agua y en 14.5% que el curado con membranil.

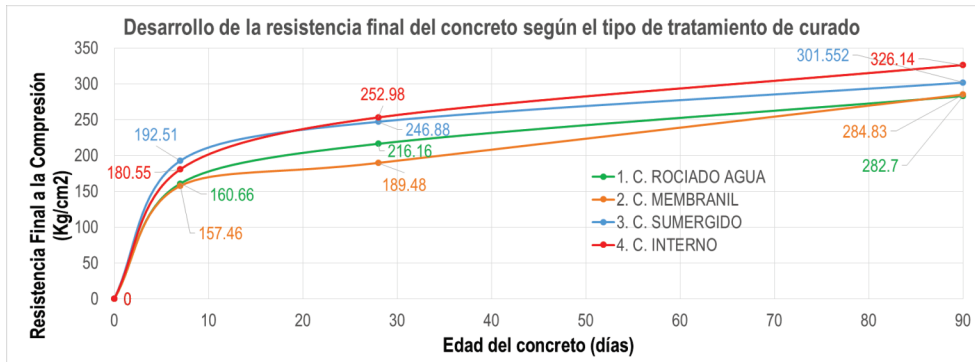


Figura N°2: Desarrollo de la resistencia a la compresión a edades de 7, 28, 90 días según el tratamiento de curado de estudio

En figura N°3 de la relación de resistencia a compresión de y humedad interna de los especímenes de concreto a 7, 28 y 90 días, observamos que hubo una relación entre la humedad retenida en el concreto con la resistencia, los concretos con los tratamientos de curado mediante rociado con agua y membranil que obtuvieron una baja humedad de 3.35% y 4.02% a los 90 días, obtuvieron las medias de resistencia a la compresión también más bajas e iguales estadísticamente de 282.7 kg/cm² y 284.83 kg/cm².

Así también, la pérdida de humedad del concreto estuvo relacionado con el aumento de la resistencia a la compresión, el curado con membranil que tuvo una alta pérdida de agua de -5.4% entre los 7 y 28 días (en comparación con los otros tratamientos), tuvo un bajo desarrollo de resistencia a la compresión de 32 kg/cm² y luego este mismo tratamiento entre los 28 y 90 días presentó una baja pérdida de humedad de -0.5% y presentó un alto aumento de la resistencia de 95 kg/cm².

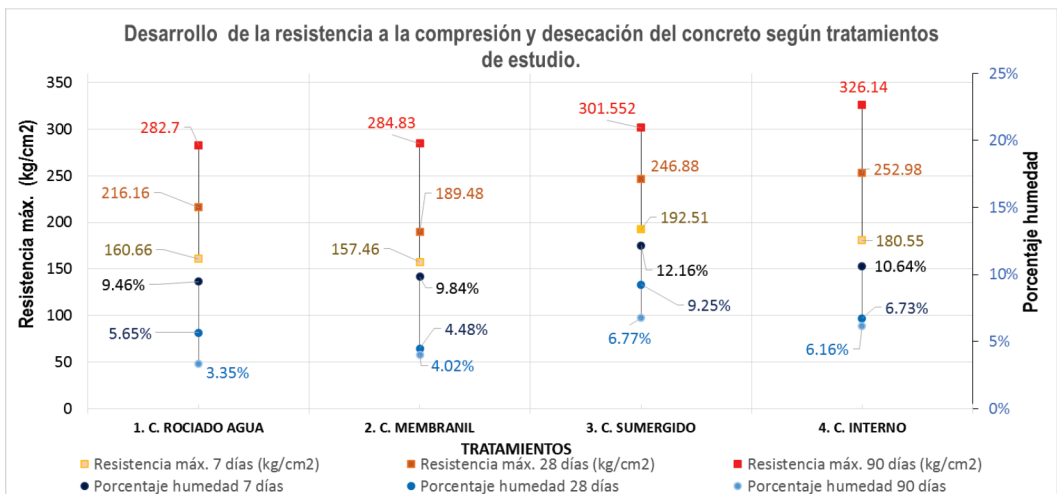


Figura N°3: Relación de resistencia a la compresión y retención de humedad a los 7, 28 y 90 días

El concreto con curado interno mantuvo un desarrollo de la resistencia a compresión constantemente alto a pesar del porcentaje de humedad que pierde es considerable (en comparación con los otros tratamientos).

Conclusiones

1. El curado interno mediante saturación del agregado grueso fue más efectivo en retención de humedad del concreto que los curados mediante rociado con agua (al mostrar valores mayores en 0.17; 1.07 y 2.81% a los 7, 28 y 90 días, respectivamente) y rociado de líquido formador de membrana (al mostrar valores mayores en 0.79; 2.25 y 2.14% a los 7, 28 y 90 días, respectivamente); pero, fue menos efectivo en la misma variable que el curado patrón de sumersión en agua (al mostrar valores menores en 1.53; 2.52 y 0.61% a los 7, 28 y 90 días, respectivamente).

2. El curado interno mediante saturación del agregado grueso fue más efectivo en aumento de resistencia a compresión del concreto que los otros tres tipos de curado. Respecto al curado con rociado con agua fue 12.38% superior a los 7 días, 17.03 % superior a los 28 días y 15.37% superior a los 90 días; respecto al curado con formador de membrana, fue 14.66% superior a los 7 días, 33.51% superior a los 28 días y 14.5% superior a los 90 días; y respecto al tratamiento patrón de sumersión en agua fue 2.47% superior a los 28 días y 8.15% superior a los 90 días.

3. La retención de humedad interna en el concreto en los tratamientos estudiados se relaciona en forma directa con el desarrollo de la resistencia a compresión de éstos. Así, los concretos con los tratamientos de curado con rociado con agua y con formador de membrana que tuvieron menores porcentajes de humedad a edades de 7, 28 y 90 días, obtuvieron también

menores resistencias a la compresión que los concretos con los tratamientos de curado sumergido y curado interno mediante la saturación de agregado grueso, que son los que tuvieron una mayor retención de humedad.

4. El concreto con curado interno mediante saturación de agregado grueso obtuvo una resistencia a la compresión 326.14 kg/cm² a los 90 días y fue superior y diferente estadísticamente que el concreto curado con el tratamiento patrón de sumersión en agua, que tuvo 301.55 kg/cm². Esto no obstante que el curado patrón tuvo mayor humedad retenida en 0.61%; lo que, demuestra que el curado interno favoreció a un mejor desarrollo de la resistencia a compresión, debido a que retiene el agua de curado de forma interna y mejor distribuida, a diferencia de los otros curados convencionales que solo curan el concreto de forma superficial.

5. El concreto con el tratamiento de curado interno mediante la saturación de agua tuvo una pérdida de agua de -3.9% entre los 7 y 28 días, pero, presentó un desarrollo de resistencia a la compresión alto (en comparación a los otros tratamientos) de 72.4 kg/cm² y luego este mismo tratamiento entre los 28 y 90 días presentó una pérdida baja de humedad de -0.6% y mantuvo un aumento alto de la resistencia a compresión de 73.2 kg/cm²; lo cual, demuestra que el desarrollo de la resistencia a compresión en este curado interno propuesto es continuamente alto a pesar que el porcentaje de humedad que pierde es similar a los otros tratamientos estudiados.

Referencias bibliográficas

Aldana, Eder. 2014. Uso de material cerámico como material para curado interno en mezclas de concreto. Bogotá, Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2014, págs. 16, 20.

ASOCCEM. 2015. *Indicadores Económicos Al 31 de agosto de 2015*. Lima : s.n., 2015.

ASTM C 31M-08a . ASTM Internacional. 2008. USA : Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra, 2008.

Bentz, D y Snyder, K. 1999. Protected paste volume in concrete: extension to internal curing using saturated lightweight fine aggregates. USA : Cement and Composites Research, 1999.

Bentz, Dale y Weiss, Jason. 2011. Internal curing: A 2010 State of the Art Review. EE.UU. : National Institute of, 2011.

Chema. 2016. Chema productos. [En línea] 16 de 02 de 2016. [Citado el: 08 de 02 de 2016.] <http://www.chema.com.pe/assets/productos/ficha-tecnica/MEMBRANIL-VISTA.pdf>.

Copeland, L. E. y Bragg, R. H. 1955. Research Department Bulletin RX052. *Self Desiccation in Portland Cement Pastes (Auto Desiccación de Pastas de Cemento Portland)*. USA : Portland Cement Association, 1955.

Durán Herrera, A., Aitcin, P y Petrov., N. 2007. Effect of saturated lightweight sand substitution on shrinkage in 0.35 w/b concrete. USA : ACI Materials Journal, 2007.

Esteves, L. P. , y otros. 2009. Efecto de las condiciones de curado en las propiedades mecánicas de los morteros con partículas superabsorbentes. Portugal : s.n., 2009.

Gonnerman, H. F. y Shuman, E. C. 1982. Flexure and Tension (Ensayos de Flexión y

Tensión del Concreto Simple). EE.UU. : Portland Cement Association, 1982, pág. 149 y 163.

Hanson, J. A. 1968. Effects of Curing and Drying Environments on Splitting Tensile Strength of Concrete (Efecto de los Ambientes de Curado y Secado sobre la Resistencia a la Tensión Indirecta del Concreto). USA : Portland, 1968, pág. 11.

Jensen, O. y Hansen, P. 2002. Water-Entrained Cement-Based Materials: II. Experimental Observations. Cement and Concrete Research. EE.UU. : s.n., 2002, págs. 973-978.

Kosmatka, Steven, y otros. 2004. Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Illinois, EE.UU. : Portland Cement Association, 2004, págs. 261, 262.

López, Mauricio, Kahn, Lawrence F. y Kurtis, Kimberly E. 2005. Curado interno en hormigones de alto desempeño - un nuevo paradigma. Atlanta, U.S.A : s.n., 2005, págs. 117 - 126.

Martinez, Diego. 2010. Concreto liviano estructural con arcilla expandida termicamente extraída de canteras localizadas en el Sur de la Sabana de Bogotá. BOGOTÁ - COLOMBIA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2010.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.033 . INDECOPI. 2009. 3ra Edición, Lima, Perú : HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo, 2009.

Shohei, Seiki, y otros. 2010. Effectiveness of Porous Ceramic Waste as an Internal Curing Material for Fly Ash Concrete. s.l. : Coventry University, 2010.

Spanish Edition ACI 318S-08. American Concrete Institute. 2008. USA : Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario, 2008.

Suzuki, Masashiro y Seddik, Mohammed. 2009. Use of porous ceramic waste aggregates for internal curing of high highperformance. Hiroshima, Japón : Hiroshima University, 2009.

Trujillo R., Raúl. 2011. Uso de agregado ligero como medio de curado interno en concretos de alto comportamiento fabricado con puzolanas. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, España : UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN, 2011.

Zhoutovsky, Semion y Kovler, Konstantin. 2012. Effect of internal curing on durability-related properties of high performance concrete. Israel : Israel Institute of Technology, 2012.