

Comportamiento de la resistencia en morteros experimentales a la edad de garantía bajo condiciones de curado

PICHARDO-MOLINA, Benoni*†, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo, TRUJILLO-MARTINEZ, Gaudencio Luis, ZÚÑIGA-GUTIERREZ, Martín

Unidad Académica de Ingeniería UAGro. Av. Lázaro Cárdenas sin número, Ciudad Universitaria Sur. Chilpancingo de los Libres. Guerrero. México.

Recibido Agosto 7, 2014; Aceptado Febrero 3, 2015

Resumen

El mortero a través del tiempo ha tenido avances importantes, desde su fabricación hasta al momento de ser combinado con los distintos materiales que se tienen en la actualidad. Su fabricación ha experimentado cambios pasando de una fabricación artesanal a una industrial, utilizando productos y procedimientos que le permitan garantizar la producción de morteros de calidad

En la actualidad el curado del mortero no ha tenido la importancia requerida y en la práctica constructiva no se lleva a cabo. Se ha observado en gran número de construcciones que el curado no se aplica en el 95% de los casos, la mayoría del mortero colocado se deja a la intemperie sin protección por cambios de temperatura, velocidad del aire, humedad ambiental, entre otros factores que lo afectan. Por otra parte no debemos dejar de lado que tenemos que tener en cuenta que los productos o materiales utilizados en la fabricación de morteros, así como el conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas influyen mucho en su fabricación.

Resistencia, Morteros, Curado.

Citación PICHARDO-MOLINA, Benoni, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo, TRUJILLO-MARTINEZ, Gaudencio Luis, ZÚÑIGA-GUTIERREZ, Martín. Comportamiento de la resistencia en morteros experimentales a la edad de garantía bajo condiciones de curado. Foro de Estudios sobre Guerrero. Mayo 2014 – Abril 2015, 1-2:213-218

Abstract

The mortar over time has made important advances, from manufacture to the point of being combined with other materials to be today. Its manufacture has undergone changes moving from an industrial craftsmanship, using products and procedures that will ensure the production of quality mortars.

Currently curing mortar required had no importance and the building practice is not performed. Has been observed in many constructions apply not cure in 95% of cases, most of the mortar placed in the open left unprotected by changes in temperature, air velocity, humidity, among other factors affect it. Moreover we must not ignore that we have to consider that the products or materials used in the manufacture of mortars as well as knowledge of the physical and mechanical properties greatly influence their manufacture.

Resistance mortars, Curado.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: pichardo_benonim@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El mortero a través del tiempo ha tenido avances importantes, desde su fabricación hasta al momento de ser combinado con los distintos materiales que se tienen en la actualidad. Su fabricación ha experimentado cambios pasando de una fabricación artesanal a una industrial, utilizando productos y procedimientos que le permitan garantizar la producción de morteros de calidad

La resistencia a la compresión del cemento hidráulico es la capacidad de resistir una carga en compresión aplicada uniformemente a la cara superior e inferior de un espécimen conforme lo marca las normas de calidad que nos rigen; para México es el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE), Reglamento de Construcción Para el Distrito Federal (RCDF), Normas Técnicas Complementarias, Para Diseño y Construcción de Estructuras de Mamposterías (NTC) entre otras.)

La edad de garantía de un mortero es de 28 días, y el mínimo de resistencia será dependiendo del tipo de mortero (Tipo I= 127 kg/cm², Tipo II=76 kg/cm² y Tipo III=41 kg/cm²); y bajo condiciones controladas de temperatura y humedad (RCDF). La condición ideal de un mortero aún con las dificultades que pudieran presentarse en obra debe mantenerse en curado. El impulso tecnológico en la construcción ha tenido en los morteros de acuerdo a su aplicación, a los procesos de elaboración y manipulación, así como a los sistemas de puesta en obra, que sus propiedades se pueden ver modificadas profundamente y responder a unas condiciones y características determinadas, y aun mejorándolas, por lo que los morteros son imprescindibles en cualquier edificación.

En la actualidad el curado del mortero no ha tenido la importancia requerida y en la práctica constructiva no se lleva a cabo. Se ha observado en gran número de construcciones que el curado no se aplica en el 95% de los casos, la mayoría del mortero colocado se deja a la intemperie sin protección por cambios de temperatura, velocidad del aire, humedad ambiental, entre otros factores que lo afectan. Por otra parte no debemos dejar de lado que tenemos que tener en cuenta que los productos o materiales utilizados en la fabricación de morteros, así como el conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas influyen mucho en su fabricación.

Objetivo

Evaluar el comportamiento de la resistencia de los morteros a la edad de garantía bajo condiciones de curado en laboratorio, fabricados con arenas de la región Acapulco y mortero de albañilería, con el fin de dar las recomendaciones pertinentes.

Metodología

El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de Acapulco del Estado de Guerrero. Para encontrar la proporción adecuada y poder diseñar el mortero en laboratorio, se ajustó por volumen la proporción práctica de 1:6 (1 parte de cemento, con 6 partes de arena), utilizando recipientes de 18 litros, tomando como referencia el peso volumétrico suelto seco del agregado fino, con muestras de los cuatro bancos que son: Coyuca de Benítez, El Quemado, Papagayo y La venta, que suministran agregados al municipio mencionado.

El diseño del experimento implicó determinar el efecto de las arenas de los cuatro bancos y verificar el efecto del curado en la resistencia del mortero a la edad de garantía de 28 días.

Por lo que fue necesario hacer un control de los factores en el experimento, como cemento de albañilería, agua, resistencia de diseño, curado, temperatura y humedad del curado y edad de los especímenes. Para el mezclado del mortero se utilizó agua purificada. Se seleccionó aleatoriamente un cemento de albañilería, siendo elegida la marca Cruz Azul. Se fabricaron mezclas de mortero con las arenas de los diferentes bancos, tabla 1, y se colaron cubos en moldes de cavidades cúbicas de 5X5X5 cm. por lado, aplicándoles curado y no curado. Los materiales para la elaboración de mortero cumplen las especificaciones de la normas mexicanas (NMX) y los reglamentos de construcción vigentes, así como, los procedimientos de ensaye se efectuaron siguiendo los lineamientos indicados en las normas y reglamentos mencionados, bajo condiciones de laboratorio y la ejecución de las pruebas con equipos calibrados.

Los factores estudiados son banco de arena (Coyuca de Benítez, Papagayo, el Quemado y la Venta) y curado (sin curado y con curado). La variable respuesta es resistencia a compresión del mortero medida de acuerdo con las Normas Mexicanas (NMX-C- 061, 083, 155,159). El análisis se realizó con los programas estadísticos Statistical Product and Service Solutions (SPSS), v 18.0 y JMP.

Banco	Arena (gr)	Cemento de albañilería (gr)	Agua(ml)
Coyuca de Benítez	2592	1200	650
El quemado	2592	1200	660
Papagayo	2784	1200	620
La venta	2592	1200	650

Tabla 1 Cantidad de materiales utilizados para las mezclas de mortero en laboratorio

Resultados

Las medidas descriptivas para la variable respuesta, con datos de los 4 bancos, tabla 2, se observa en la resistencia para el factor curado; que la tendencia es menor valores de resistencia cuando no se aplica curado, y el valor más bajo corresponde a el mortero elaborado con arena de Coyuca de Benítez, y el mayor valor es con arena del banco Papagayo. Revisando el coeficiente de variación (CV), se observa que todos los valores están dentro del límite recomendado y por lo tanto la variabilidad es baja.

Cabe mencionar que los cuatro bancos cumplen con la resistencia mínima que especifica el reglamento para un mortero tipo I (125 kg/cm²), siempre y cuando se le aplique curado. Cuando al mortero no se le aplica curado, el valor de la resistencia quedara entre mortero tipo II y I.

En la comparación de resistencias obtenidas en el mortero con respecto a cada banco de materiales, en condiciones de sin curado y curado a la edad de 28 días, se observa que el efecto del curado para los bancos Quemado y Papagayo, tiene mejor comportamiento que Coyuca de Benítez y La Venta, los especímenes de mortero al no ser curados alcanzan bajas resistencias, fig. 1.

Banco	curado	N	Media	Media na	Desv. tip.	Varianza	Máximo	Mínimo	Rango	C.V.
Coyuca de Benitez	CURADO SI	4	147.1625	146.6400	13.08169	171.130	160.01	135.36	24.65	8.889
	CURADO NO	4	123.6975	120.5050	8.34415	69.625	135.90	117.88	18.02	6.745
	Total	8	135.4300	135.6300	16.13992	260.497	160.01	117.88	42.13	11.917
El Quemado	CURADO SI	4	170.1400	173.8800	12.80997	164.095	181.09	151.71	29.38	7.529
	CURADO NO	4	127.9800	128.6400	8.17114	66.767	135.12	119.52	15.60	6.384
	Total	8	149.0600	143.4150	24.63308	606.754	181.09	119.52	61.57	16.525
Papagayo	CURADO SI	4	179.6125	178.4200	6.76416	45.754	188.58	173.03	15.55	3.765
	CURADO NO	4	147.9175	147.4800	9.77187	95.489	158.10	138.61	19.49	6.606
	Total	8	163.7650	165.5650	18.64279	347.554	188.58	138.61	49.97	11.383
La Venta	CURADO SI	4	167.3850	163.3800	16.87627	284.809	190.02	152.91	37.11	10.082
	CURADO NO	4	151.5675	154.2800	9.23771	85.335	159.37	138.34	21.03	6.094
	Total	8	159.4763	156.0950	15.16960	230.117	190.02	138.34	51.68	9.512
Total	CURADO SI	16	166.0750	171.3450	16.80102	282.274	190.02	135.36	54.66	10.116
	CURADO NO	16	137.7906	137.1200	14.83359	220.036	159.37	117.88	41.49	10.765
	Total	32	151.9328	153.6650	21.20156	449.506	190.02	117.88	72.14	13.954

Tabla 2 Medidas Descriptivas de los cuatro bancos y la forma de curado

La resistencia del mortero elaborado con arena de cada banco, considerando condiciones de curado, mantiene una tendencia similar. La mayor dispersión con curado y menor variabilidad en resistencias de mortero sin curado. La mayor dispersión es en el mortero elaborado con arena del banco *la Venta*, seguido de la *Coyuca*, el *Quemado* y el *Papagayo*, fig. 2. El mortero elaborado con arena del banco *Coyuca* tiene el menor valor promedio de resistencia con curado de 147.16 kg/cm², la *Venta* de 167.39 kg/cm², en el mortero sin curar también *Coyuca* presenta el valor mínimo promedio de resistencia de 123.70 kg/cm², y la *Venta* de 167.39 kg/cm².

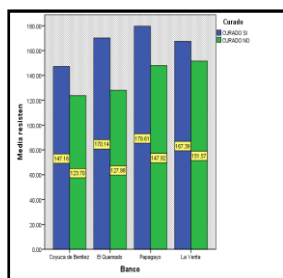


Fig. 1 Promedio de resistencia del mortero, por banco y curado

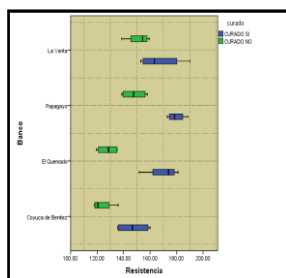


Fig. 2 Diagrama de caja de la resistencia del mortero, por banco y curado.

Para conocer el efecto de los factores (banco de arena y curado) en la resistencia del mortero se ajustó un modelo factorial en dos factores completamente el azar (2F CA), E-1.

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \tau\alpha_{ij} + \varepsilon_{ijk}; i = 1, \dots, 4; j = 1, 2. k = 1, \dots, 4 \dots \dots \dots E-1$$

En el modelo ajustado los dos factores son significativos, Tabla 1. El valor de R², indica que los factores incluidos en el modelo (banco y Curado), influyen en un 78.8% de la varianza de la variable respuesta resistencia del mortero elaborado con materiales de la región Acapulco.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	10985.676 ^a	7	1569.382	12.772	.000
Intersección	738674.544	1	738674.544	6011.561	.000
banco	3820.000	3	1273.333	10.363	.000
curado	6400.047	1	6400.047	52.086	.000
banco * curado	765.629	3	255.210	2.077	.130
Error	2949.016	24	122.876		
Total	752609.237	32			
Total corregida	13934.692	31			

a. R cuadrado = .788 (R cuadrado corregida = .727)

Tabla 2 Anova de un factorial en dos factores completamente el azar

Para el factor banco de arena se observa que existe evidencia con un α=.05 que indica que las medias de la resistencia del mortero elaborado con la arena de los diferentes bancos no son iguales. Los tres bancos de arena, producen promedios diferentes de resistencia del mortero a la edad de garantía

El factor curado es significativo, existe evidencia con un α=.05, que indican que se obtienen resistencias medias significativamente diferentes. Existe evidencia con un α=.05 que indica que no hay interacción entre los factores banco de arena y curado. Los bancos de arena muestreados generan un comportamiento con la misma tendencia en la resistencia del mortero en cada método de curado.

En las comparaciones múltiples para el factor banco de arena de este modelo, Tabla 2, se observan dos grupos estadísticamente iguales, en el que la resistencia más alta del mortero corresponde al grupo A integrado por banco papagayo, La Venta y El Quemado. EL grupo dos con la menor resistencia se compone de Coyuca de Benítez y el Quemado. En las comparaciones múltiples para el factor curado del mortero, muestran que la resistencia más alta del mortero es el que se le dio curado, Tabla 3.

Tabla 2 Clasificación de la resistencia del mortero por banco de arena.

LSMeans Differences Tukey HSD		
Alpha= 0.050 Q= 2.75861		
Level		Least Sq Mean
Papagayo	A	163.76500
La Venta	A	159.47625
El Quemado	A B	149.06000
Coyuca de Benitez	B	135.43000

Levels not connected by same letter are significantly different

Tabla 3 Clasificación de la resistencia del mortero por curado.

LSMeans Differences Tukey HSD		
Alpha= 0.050 Q= 2.0639		
Level		Least Sq Mean
CURADOSI	A	166.07500
CURADONO	B	137.79063

Levels not connected by same letter are significantly different

Las comparaciones múltiples de la interacción banco*curado se advierten 4 grupos significativamente diferentes, Tabla 3, notándose que la resistencia mayor del mortero es el fabricado con arena de los banco Papagayo, Quemado, la Venta y con curado, grupo A. La menor resistencia se observa en el grupo D, de la combinación Papagayo sin curado, Coyuca de Benítez con curado, El Quemado sin curado y Coyuca de Benítez sin curado.

LSMeans Differences Tukey HSD		
Alpha= 0.050 Q= 3.31191		
Level		Least Sq Mean
Papagayo,CURADO SI	A	179.61250
El Quemado,CURADO SI	A B	170.14000
La Venta,CURADO SI	A B	167.38500
La Venta,CURADONO	B C	151.56750
Papagayo,CURADONO	B C D	147.91750
Coyuca de Benitez,CURADO SI	B C D	147.16250
El Quemado,CURADONO	C D	127.98000
Coyuca de Benitez,CURADONO	D	123.69750

Levels not connected by same letter are significantly different

Tabla 4 Comparaciones múltiples de la interacción banco*curado

Discusión y conclusiones

La resistencia a compresión de los morteros tiene relación con las propiedades que presenta cada banco de arena. Para este estudio el banco Papagayo es el que obtuvo el mayor promedio de resistencia y el banco Coyuca de Benítez el menor. De acuerdo a los resultados analizados a la edad de garantía de 28 días y para un proporción 1:6; de todas la combinaciones banco*curado solo la combinación Coyuca de Benítez sin curado no cumple con la resistencia de mortero tipo I. La Norma Técnica Complementaria sobre mampostería (NTC 2004), especifica al mortero de albañilería como tipo I con 125 kg/cm².

Para la combinación de mortero banco*curado que no cumplió con la resistencia para mortero tipo I, se clasificará entonces como mortero tipo II (75 kg/cm²), o considerar en la práctica aplicar curado, para que cumpla como mortero tipo I. Es conveniente que la dosificación se ajuste en las combinaciones que superan ampliamente el promedio de resistencia de mortero tipo I, específicamente en la dosificación del cemento de albañilería que es el que representa el mayor costo en una mezcla.

El grupo A con las mayores medias de resistencia tiene un elemento común que es el curado. Se sugiere que para cumplir con la resistencia especificada se aplique curado al mortero especialmente a edad temprana y continuar hasta la edad de garantía para asegurar dos propiedades de todo mortero resistencia y durabilidad.

Referencias

De Jesús F. (2009). Diagnóstico y Verificación de Propiedades Físicas y Mecánicas del Mortero del Municipio de Acapulco de Juárez Guerrero: Caso: Arenas Mayor Utilizadas y Cemento de Albañilería Marca Cruz Azul. Tesis de Licenciatura, Unidad Académica de Ingeniería.

Vivar Francisco. (2009) Modelación del comportamiento de la resistencia del mortero considerando condicione de curado. Tesis de Licenciatura, Unidad Académica de Ingeniería.

Norma mexicana NMX-C-021-ONNCCE-2010, Industria de la construcción - Cemento para albañilería (mortero) – Especificaciones y métodos de ensayo.

Norma mexicana NMX-C-061-ONNCCE-2010, Industria de la construcción – Cemento – Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.

Norma mexicana NMX-C-085-ONNCCE-2010, Industria de la construcción – Cementos hidráulicos – Determinación estándar para el mezclado de pastas y morteros de cementantes hidráulicos.