

# Efecto de los materiales de coronamiento en la resistencia a la compresión de cilindros de concreto

Fecha de recepción: 12 de setiembre de 2013

Fecha de aceptación: 28 de octubre de 2013

Ing. Einer Rodríguez

*Jefe, Laboratorio de Concreto y Agregados,*

*LanammeUCR, Universidad de Costa Rica*

*Tel.: (506) 2511-4254 / E-mail: [einer.rodriguez@ucr.ac.cr](mailto:einer.rodriguez@ucr.ac.cr)*

## Resumen

El objetivo de esta investigación es evaluar la relación entre el tipo de coronamiento de los especímenes cilíndricos de concreto y su respectivo valor final de esfuerzo a la compresión, de tal forma que permita determinar el cumplimiento según el método utilizado. Se estudian tres métodos posibles para preparar las caras de los cilindros, la primera consiste en colocar una mezcla formada de yeso-cemento a especímenes endurecidos, la segunda es colocar una mezcla elaborada con cemento Portland a especímenes frescos y la última se refiere a preparar las caras de los especímenes endurecidos mediante pulido. Como punto de comparación principal se tienen los cilindros con caras pulidas, considerados los elementos más representativos, dado que la carga de falla se aplica directamente al espécimen, posteriormente se analizan los resultados de compresión de los demás elementos. Como resultado final de la investigación, no hay una diferencia significativa en el valor de resistencia a la compresión confinada, por tanto los tres métodos para preparar las caras de los cilindros son aceptables.

Palabras clave: coronamiento, esfuerzo a la compresión, yeso-cemento, cemento Portland, pulido.

## Abstract

The objective of this research is to evaluate the relationship between the type of capping of cylindrical concrete specimens and their respective final value of compressive strength, so that to determine compliance by the method used. We studied three possible methods for making the faces of the cylinder, the first involves placing a mixture of gypsum-cement hardened specimens, the second is to place a mixture of Portland cement made with fresh specimens and the latter refers to the preparation of hardened faces of the specimens by the respective polishing. As a main point of comparison have cylinders with polished faces, considered the most representative, since the failure load is applied directly to the specimen, then analyzed the results of compression of the other elements. As a final result of the research, there is not a significant difference in the value of unconfined compressive strength, therefore the three methods for preparing the faces of the cylinder are acceptable.

Key Words: capping, compressive strength, gypsum-cement, Portland cement, polishing.

## 1. Introducción

El control de calidad se puede definir como el mecanismo que se implementa para hallar posibles errores significativos en un proceso, servicio o producto. En el ámbito constructivo es vital conocer el cumplimiento de elementos con respecto a las especificaciones de diseño y códigos aplicables.

Posiblemente el material más utilizado en nuestro medio lo constituye el concreto, dada su facilidad de elaboración y su capacidad mecánica para resistir grandes fuerzas. Uno de los parámetros principales para comprobar la calidad del concreto, es su resistencia a la compresión. Esta se comprueba elaborando especímenes que posteriormente serán ensayados en un laboratorio, de esta manera se podrá obtener un resultado final que se compara con las especificaciones y características deseables del producto.

Los parámetros para el moldeo y ensayo de las muestras, están especificadas por las pautas brindadas por la ASTM (American Society for Testing and Materials), específicamente para el interés de este documento, las referencias son las siguientes normas:

- ASTM C 172: Procedimiento para el muestreo de concreto recién mezclado.
- ASTM C192: Procedimiento para hacer y curar especímenes de concreto en el laboratorio.
- ASTM C31: Procedimiento para preparar y curar especímenes de concreto en el campo.
- ASTM C617: Procedimiento para el coronamiento de especímenes cilíndricos de concreto.
- ASTM C39: Método de ensayo para la resistencia a la compresión uniaxial de los especímenes cilíndricos del concreto.

De las normas anteriores, es de especial atención la referente a los procedimientos para el coronamiento de especímenes cilíndricos de concreto. El tipo de acabado final de los extremos de los cilindros de concreto puede determinar que el ensayo sea representativo o no, específicamente, el significado y uso de esta prueba indica textualmente:

“Esta práctica describe procedimientos para proveer superficies planas sobre los extremos de los cilindros moldeados de concreto fresco, de los cilindros endurecidos, o de los núcleos extraídos de concreto, cuando no cumplan con los requisitos de planicidad y perpendicularidad de las superficies de los extremos.”

Como parte de una investigación integral sobre las propiedades de los elementos de concreto, se evalúa el posible efecto de tres tipos de procedimientos en la preparación de las caras de los cilindros. Los métodos desarrollados y evaluados son los siguientes:

- Procedimiento de coronamiento de los cilindros con materiales de pasta de yeso –cemento.
- Procedimiento de coronamiento de los cilindros con pasta de cemento Portland.
- Procedimiento de pulido de cilindros.

Una vez preparadas las caras de los cilindros, se realiza el ensayo de compresión. Los datos de resistencia son el insumo para determinar las posibles diferencias entre procedimientos de ensayo. Para el análisis, la referencia principal son los especímenes pulidos.

## 2. Planteamiento del problema

Los coronamientos de los especímenes de concreto, se realizan en la mayoría de los casos, con la combinación de pasta formada por yeso y cemento. Actualmente en Costa Rica, no se cuenta con los materiales adecuados para producir esta mezcla según los requerimientos establecidos en la norma ASTM C617 (Procedimiento para el coronamiento de especímenes cilíndricos de concreto). Aunado a lo anterior, no hay evidencia de información pertinente para poder concluir que no se pueden utilizar los materiales de nuestro medio y obtener una pasta con las propiedades adecuadas.

Según la norma ASTM C 617, existen varios procedimientos para el acabado final de las superficies de concreto de las muestras, antes de ser ensayadas. Mediante la investigación de los procedimientos de coronamiento y su relación con los datos finales de resistencia, se puede determinar su influencia, en caso de ser significativa, con respecto al parámetro de compresión del concreto y su relación con el método utilizado.

Los beneficios de esta investigación, son la obtención de resultados que representen de la mejor forma la muestra ensayada, y por ende la estructura de los cuales el concreto es representativo.

## 3. Objetivo

El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto del tipo de coronamiento de especímenes cilíndricos de concreto en la compresión, mediante pruebas de laboratorio para determinar la existencia o no de una desviación significativa de los resultados finales.

## 4. Alcance

El alcance se delimita en el análisis de los datos resultantes de la elaboración y ejecución de ensayos para 30 especímenes cilíndricos de concreto, los trabajos se ejecutan en condición de laboratorio y no involucran trabajo externo de campo. La duración de los ensayos está relacionada con el periodo de acondicionamiento de las muestras, que comprende 28 días desde su inicio.

## 5. Metodología

### 5.1 Elaboración de especímenes de prueba

La mezcla para el estudio fue realizada mecánicamente mediante batidora según el procedimiento ASTM C192. Posteriormente, se muestrean y preparan 30 especímenes cilíndricos de concreto, se detalla los principales equipos y pasos a continuación:

- Equipo: Se utiliza moldes cilíndricos con un diámetro de 100 mm y una altura de 200 mm.
- Una varilla de compactación de acero de 10 mm de diámetro con punta redondeada y una longitud de 300 mm.
- Procedimiento: El moldeo de especímenes cilíndricos se confecciona de dos capas de concreto, compactadas con la varilla indicada en el punto anterior.
- Curado inicial: Una vez moldeadas las muestras y antes de un periodo de 48 horas, son protegidas de la pérdida de humedad.
- Curado final: Al completar el curado inicial se desmoldan los especímenes y se almacenan en una cámara húmeda por el periodo especificado.

### 5.2 Procedimientos de acabado de las caras de las superficies cilíndricas de concreto

La practica ASTM C 617, describe procedimientos para proveer superficies planas sobre los extremos de los cilindros moldeados de concreto fresco o de los cilindros endurecidos, cuando no cumplen con los requisitos de planicidad y perpendicularidad de las superficies de los extremos.

Las caras cumplen con las tolerancias cuando:

- Planicidad: el plano cumple con una diferencia máxima de 0.05 mm.
- Perpendicularidad: con respecto al eje con una tolerancia máxima de  $0.5^\circ$  (aproximadamente 1 mm en 100 mm).

En esta investigación se utilizan tres procedimientos para la preparación de las caras de los cilindros de concreto. Estos se explican a continuación:

### 5.2.1 Procedimiento de coronamiento de especímenes con yeso y cemento.

Este procedimiento se utiliza para los especímenes de concreto endurecidos. Los cilindros de concreto, han recibido el curado respectivo en la cámara húmeda. Se indica en la norma ASTM C 617, que la pasta puede colocarse 1 o 2h antes de su ensayo a compresión, sin embargo se inician los trabajos de coronamiento aproximadamente tres días antes de su respectivo ensayo de compresión, este tiempo es definido en el laboratorio por la baja capacidad de resistencia inicial de los materiales que se utilizan en Costa Rica para este fin.

Para este caso se prepara la mezcla con una combinación de yeso y cemento de alta resistencia inicial, con la proporción de agua necesaria para la trabajabilidad de la pasta. Se utiliza una relación de materiales de una parte de yeso por dos de cemento y una relación agua cemento de 0,37. La tolerancia en la norma respecto a esta última relación indica valores entre 0,26 y 0,30, sin embargo para los materiales utilizados en el país, estos valores afectan la trabajabilidad de la mezcla final de coronamiento, imposibilitando un acabado correcto e incumpliendo con los espesores finales máximos de 8 mm.

Según ASTM C 617, el procedimiento consiste en remover cualquier capa o material que interfiera con la unión de la corona, se coloca la pasta en forma cónica sobre el espécimen y luego en forma suave se coloca y se presiona un plato o placa de acero como se muestra en la figura 1. Finalmente las caras de los cilindros deben cumplir los requisitos de planicidad y perpendicularidad.

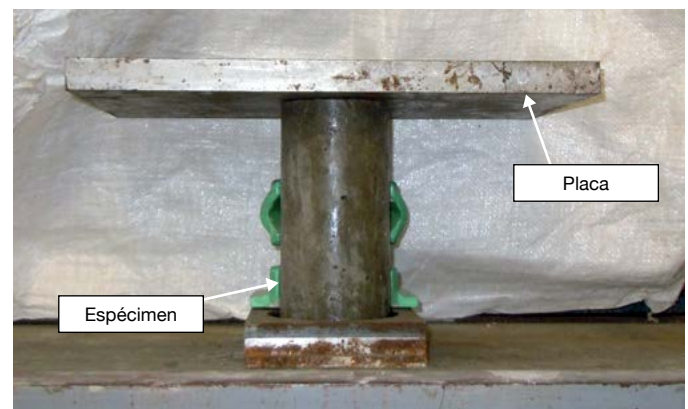


Figura 1: Fotografía del procedimiento de coronamiento mediante pasta de yeso-cemento.

### 5.2.2 Procedimiento de coronamiento de especímenes con cemento Portland.

Este procedimiento se utiliza para los especímenes de concreto frescos. En un rango entre 2 a 4 horas luego del moldeo de los especímenes, se coloca la pasta formada por cemento puro Portland y la cantidad de agua necesaria para una mezcla trabajable, el rango de valores de relación de agua cemento es de 0,26 a 0,30.

La mezcla se coloca en la parte superior del cilindro, posteriormente se coloca la placa de acero, que a la postre, dará la forma lisa requerida (ver figura 2) . Una vez que la pasta cumpla su fraguado inicial, la placa se retira. Finalmente los especímenes cumplen su periodo de curado en las condiciones de la cámara húmeda, donde la corona ganará la resistencia para su cumplimiento. Finalmente las caras de los cilindros deben cumplir los requisitos de planicidad y perpendicularidad.

Para el caso del coronamiento de los especímenes con cemento Portland, su limitante reside en la obtención del material, pues este tipo de cemento no es usual conseguirlo en el país.

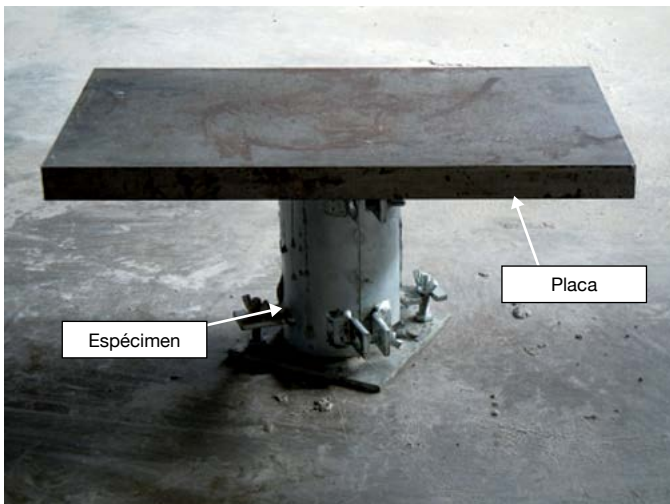


Figura 2: Fotografía del procedimiento de coronamiento mediante pasta de cemento Portland.

### 5.2.3 Procedimiento con pulido de los especímenes.

Este procedimiento se utiliza para los especímenes de concreto endurecidos. Los cilindros reciben su curado en la cámara húmeda. Se coloca para este caso el espécimen en la maquina pulidora hasta obtener la superficie sin irregularidades y de cumplimiento según su planicidad y perpendicularidad. (Ver figura 3).

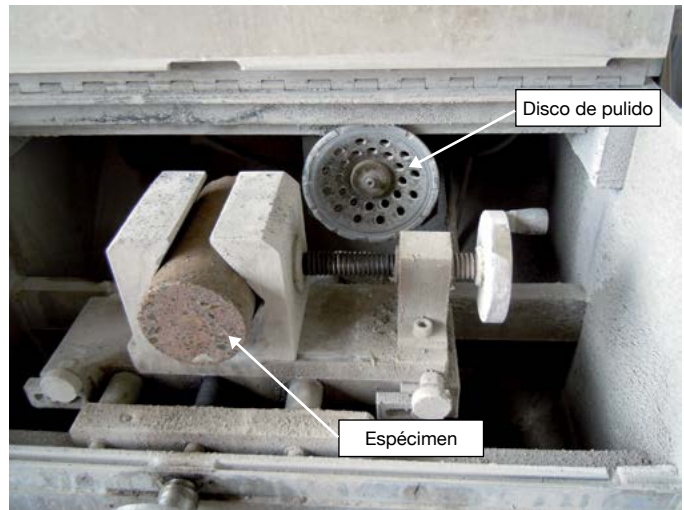


Figura 3: Fotografía del procedimiento de pulido de las caras del cilindro de concreto.

Para el caso del pulido de los especímenes, la principal limitante es el equipo, pues es de alto costo. Una vez que se adquiere, la preparación de las caras de las muestras tiende a ser más rápida, lo cual disminuye el tiempo de ejecución del técnico.

Los acabados finales de las caras de los cilindros se muestran en la figura 4.



Figura 4: Fotografía de los acabados finales de las caras del cilindro.

### 5.2.4 Ensayos de compresión de las mezclas de yeso cemento y cemento Portland.

Para los procedimientos de coronamiento que involucran pastas de cemento, la norma ASTM C617 indica:

La resistencia a compresión de los materiales para coronar se debe determinar mediante el ensayo de cubos de 50 mm, siguiendo el procedimiento descrito en la norma ASTM C109. Se debe curar los cubos en el mismo ambiente por el mismo plazo que el material a utilizar para coronar los especímenes.



El cumplimiento de resistencia a la compresión de las pastas de coronamiento se indica en la tabla 1:

Tabla 1. Resistencias mínimas a la compresión de las pastas de coronamiento según la norma ASTM 617.

Resistencia a la compresión del cilindro (MPa)	Resistencia mínima del material a coronar (MPa)
De 3,5 MPa a 50 MPa	35 MPa o la resistencia del cilindro, la que sea mayor
Mayor de 50 MPa	Resistencia a la compresión no menor que la resistencia de los cilindros

### 5.2.5 Ensayos de compresión confinada de los especímenes cilíndricos de concreto.

La prueba de compresión de especímenes cilíndricos se ejecuta de acuerdo a la norma ASTM C39. Los ensayos de compresión de los especímenes son realizados tan pronto sea posible, luego de ser extraídos de la cámara húmeda y deben de permanecer húmedos hasta el momento de su ensayo. Luego de 28 días de acondicionamiento, su tolerancia en tiempo para su falla corresponde a 20 h. Se debe colocar el espécimen en el bloque de carga inferior de la máquina de compresión, posteriormente se aplica la carga sobre el cilindro a una razón de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s, esta velocidad debe ser mantenida al menos durante la última mitad de la fase de carga. Finalmente se reporta el valor de carga última en newtons.

## 6. Resultados

### 6.1 Resultados de resistencias a la compresión de las pastas de coronamiento.

Con respecto a los resultados de esfuerzo de las pastas para coronamiento de yeso-cemento, así como la elaborada con cemento Portland, los valores se muestran en la tabla 2 y en la tabla 3.

Tabla 2. Resultados de compresión de pastas utilizadas para el coronamiento. Caso con yeso-cemento.

EDAD (DÍAS): 3

ESPÉCIMEN	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA	RESISTENCIA	
			(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
1	25,8	21,3	8,27	84,4
2	25,8	20,7	8,01	81,7
3	25,8	20,6	7,98	81,4
PROMEDIO		20,9	8,09	82,5
DESV. EST		0,41	0,16	1,63

Tabla 3. Resultados de compresión de pastas utilizadas para el coronamiento. Caso con cemento Portland.

EDAD (DÍAS): 28

ESPÉCIMEN	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA	RESISTENCIA	
			(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
1	25,8	155	60,0	612
2	25,8	193	74,6	761
3	25,8	181	70,3	717
PROMEDIO		176	68,3	697
DESV. EST		19,3	7,49	76,4

### 6.2 Resultados de resistencias a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto.

Los resultados de compresión confinada de los cilindros se muestran en las tablas 4,5 y 6.

Tabla 4. Resultados de resistencia a la compresión de cilindros. Caso de coronamiento con pasta de yeso-cemento.

FECHA DE MOLDEO: 2013/07/16  
FECHA DE RUPTURA: 2013/08/13

ESPÉCIMEN N°	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA (kN)	RESISTENCIA		TIPO DE FALLA
				(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	
1	101	8028	179	22,3	227	3
2	101	8012	184	23,0	234	3
3	101	8044	202	25,1	256	3
4	101	8036	182	22,6	231	2
5	101	7996	190	23,8	242	2
6	101	7996	203	25,4	259	2
7	101	8004	209	26,1	266	3
8	101	8004	205	25,6	261	2
9	101	8012	209	26,1	266	2
10	101	8004	199	24,9	254	3
PROMEDIO			196	24,5	250	
DESV. EST			11,4	1,45	14,7	

Tabla 5. Resultados de resistencia a la compresión de cilindros.  
Caso de coronamiento con pasta de cemento Portland.

FECHA DE MOLDEO: 2013/07/16

FECHA DE RUPTURA: 2013/08/13

EDAD (DÍAS): 28

ESPÉCIMEN Nº	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA (kN)	RESISTENCIA		TIPO DE FALLA
				(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	
1	101	7996	209	26,1	267	2
2	101	8020	209	26,1	266	3
3	101	8012	214	26,7	272	3
4	101	8028	207	25,8	263	3
5	101	7996	209	26,1	267	3
6	101	7996	199	24,9	254	3
7	101	7988	208	26,0	266	2
8	101	8012	208	26,0	265	4
9	101	8028	208	25,9	264	3
10	101	7996	195	24,4	249	1
PROMEDIO			207	25,8	263	
DESV. EST			5,48	0,67	6,84	

Tabla 6. Resultados de resistencia a la compresión de cilindros.  
Caso de pulido de cilindros.

FECHA DE MOLDEO: 2013/07/16

FECHA DE RUPTURA: 2013/08/13

EDAD (DÍAS): 28

ESPÉCIMEN Nº	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA (kN)	RESISTENCIA		TIPO DE FALLA
				(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	
1	101	7988	200	25,0	255	3
2	101	7948	181	22,8	232	2
3	101	7964	215	27,0	275	2
4	101	7799	202	25,9	264	1
5	101	7860	212	27,0	275	2
6	101	7955	211	26,5	270	4
7	101	7988	182	22,8	232	2
8	101	7867	200	25,4	259	2
9	101	7951	193	24,3	248	3
10	101	7863	194	24,7	252	3
PROMEDIO			199	25,1	256	
DESV. EST			11,8	1,55	15,8	

### 6.3 Resultado del análisis estadístico de los ensayos de compresión.

Usando como base la resistencia a la compresión de cilindros de concreto pulidos y comparando contra la resistencia a compresión de cilindros de concreto coronados con yeso-cemento y con cemento puro, se realizó un análisis estadístico mediante el análisis de varianza (ANOVA), planteando la hipótesis nula (H0) en la cual la diferencia

entre las medias no es significativa, contra la hipótesis alternativa (H1) de que esta diferencia si es significativa con un nivel de confianza en el experimento de un 95%. La tabla 7 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 7. Resultados estadísticos de varianza. Caso de hipótesis:  
Cilindros pulidos y coronados.

Hipótesis	Probabilidad	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabla</sub>	Comparación	Resultado
Pulido = Yeso- Cemento	34,4 %	0,95	4,41	F <sub>c</sub> <F <sub>t</sub>	No hay diferencia significativa entre las medias
Pulido = Cemento Portland	22,7 %	1,56	4,41	F <sub>c</sub> <F <sub>t</sub>	No hay diferencia significativa entre las medias

De la misma manera, al comparar las medias entre los cilindros coronados con yeso-cemento y con cemento puro, se obtiene los resultados de la tabla 8.

Tabla 8. Resultados estadísticos de varianza. Caso de hipótesis:  
Cilindros coronados.

Hipótesis	Probabilidad	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabla</sub>	Comparación	Resultado
Yeso-Cemento = Cemento Portland	1,8 %	6,83	4,41	F <sub>c</sub> >F <sub>t</sub>	Hay diferencia significativa entre las medias

Por último, al comparar los resultados de resistencia obtenidos mediante los 3 métodos (pulido, cemento-yeso y cemento puro) y plantearse la hipótesis nula que la diferencia entre las medias no es significativa, contra la hipótesis alternativa que al menos una de estas diferencias es significativa, se obtienen los resultados mostrados en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados estadísticos de varianza al comparar todos los casos.

Hipótesis	Probabilidad	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabla</sub>	Comparación	Resultado
Pulido = Yeso-Cemento = Cemento Portland	9 %	2,64	3,35	F <sub>c</sub> <F <sub>t</sub>	No hay diferencia significativa entre las medias

### 6.4 Análisis de resultados.

El coeficiente de variación de los datos de resistencia para cada uno de los casos, indica que los especímenes preparados con la pasta de cemento Portland demuestran la menor variabilidad de los datos con un valor de 2.60%. El

caso de cilindros preparados con la pasta de yeso cemento presenta un coeficiente de variación del 5,92%, por último los especímenes preparados mediante el pulido de las caras indica un coeficiente de variación de 6,18 %, nótese que estos dos últimos valores son similares.

En orden de prioridad, se observa una resistencia mayor para los especímenes coronados con pasta de cemento Portland, seguido por las muestras pulidas, y por último las coronadas mediante mezcla de yeso-cemento.

Las pastas formadas por yeso-cemento tienen una resistencia mucho menor que las elaboradas con cemento Portland. De forma contraria, la pasta de cemento Portland, muestra una resistencia a la compresión de 69 MPa, valor muy superior al requisito mínimo de resistencia de 35 MPa (caso para valores de resistencia de concreto inferior a 50 MPa). Por su parte, la resistencia promedio de la pasta de yeso cemento demuestra un valor de 8 MPa, muy inferior a lo solicitado en la norma (35 MPa), por tanto existe un incumplimiento de acuerdo a la tabla 1.

Los análisis estadísticos al considerar como variable principal los valores de resistencia de los cilindros pulidos y compararlos con la resistencia de los coronados con la pasta yeso-cemento no demuestran una diferencia significativa entre las medias. De igual forma, es el resultado del análisis entre las resistencias de los cilindros pulidos y los coronados con la pasta de cemento Portland.

El análisis estadístico demuestra además, la existencia de una diferencia significativa entre las medias de los resultados a la compresión de los cilindros coronados con pasta de yeso-cemento y aquellos coronados con cemento Portland, esto es acorde a las diferencias significativas de los valores promedio de compresión (1,3 MPa).

A modo de referencia, la norma ASTM C 617, indica como un parámetro de aceptación, para pruebas de 15 cilindros cuya resistencia sea superior a 50 MPa lo siguiente:

“La resistencia promedio no deberá ser menor que el 98% de la resistencia promedio del conjunto de los cilindros de referencia. Además, la desviación estándar de las resistencias de los cilindros coronados no deben ser menor que 1,57 veces la desviación estándar de los cilindros de referencia. “

Realizando los cálculos para comparar las resistencias, según el método expuesto y tomando como referencia los valores de compresión entre cilindros coronados con yeso cemento y como variable principal aquellos coronados con cemento Portland, el porcentaje de relación es un 95%, valor inferior al aceptable. Para este caso, la relación de las desviaciones

estándar indica un valor de 2,1, también incumpliendo lo establecido en la norma.

Por su parte, realizando los mismos cálculos, pero esta vez comparando los valores de compresión entre cilindros coronados con yeso cemento y como variable principal aquellos con pulido, el porcentaje de relación es un 98%, este es un valor dentro de las tolerancias. Al realizar la relación entre las desviaciones estándar, el resultado es 0,93, valor inferior a la tolerancia.

Dados los análisis anteriores, con respecto a lo indicado en la norma ASTM C617, y tomando en consideración el valor de compresión de los cilindros con pulido como el más representativo del elemento, se puede concluir que los datos de resistencia de los especímenes coronados con pasta de yeso cemento son aceptables, y por tanto el método se puede aplicar cumpliendo con lo establecido en esta norma.

## 7. Conclusiones

- Los especímenes coronados con cemento Portland, muestran valores de resistencia superiores, además de un menor variabilidad de los datos. Este método, aunque poco utilizado en nuestro medio por la dificultad para la obtención del material, cumple en primer orden con los requisitos para el coronamiento de los especímenes.
- Los análisis estadísticos y los parámetros establecidos en el ASTM C617, demuestran que no existen resultados con diferencias significativas al 95% de confianza respecto a las medias de los valores de compresión entre los cilindros de concreto coronados con pasta de yeso cemento y cilindros pulidos.
- Aunque los materiales de yeso cemento utilizados en el país indican resultados de resistencia menores a las tolerancias establecidas por la norma ASTM C617, este procedimiento no afecta de forma significativa los resultados de compresión finales de los especímenes cilíndricos de concreto.

## 8. Referencias

1. *ASTM C 172. Procedimiento para el muestreo de concreto recién mezclado.*
2. *ASTM C192. Procedimiento para hacer y curar especímenes de concreto en el laboratorio.*
3. *ASTM C31. Procedimiento para preparar y curar especímenes de concreto en el campo.*
4. *ASTM C617. Procedimiento para el coronamiento de especímenes cilíndricos de concreto.*
5. *ASTM C39. Método de ensayo para la resistencia a la compresión uniaxial de los especímenes cilíndricos del concreto.*