

Tesis de Becarios de Investigación

“Análisis del uso de las placas de dureza Shore A = 50”

BECARIO: Natalia Alderete

TUTOR: Ing. Marcelo Barreda

AREA: Estructuras y Materiales de Construcción

Año: 2008

OBJETIVO

Previo al ensayo de compresión, conforme con la norma IRAM 1546, deben prepararse las superficies de las bases de las probetas cilíndricas de manera que resulten paralelas entre sí y simultáneamente planas y lisas. Esto se consigue efectuando el procedimiento denominado “encabezado”.

La norma IRAM 1709 permite el uso de placas de elastómeros para el encabezado de probetas cilíndricas de hormigón endurecido, en lugar del encabezado tradicional detallado en la norma IRAM 1553.

El presente trabajo tiene como fin principal analizar el uso de placas elastoméricas en el ensayo a compresión de probetas cilíndricas de hormigón, teniendo en cuenta la variabilidad con respecto al método de ensayo tradicional de azufre y a su vez considerando posibles ventajas y desventajas de ambos.

Es bien sabido que la resistencia a compresión es uno de los principales parámetros de calidad del hormigón, en correspondencia con esto es imprescindible que el procedimiento de encabezado no influya en el resultado del ensayo, es decir, no modifique la resistencia real que posee el hormigón de la probeta.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, no se puede dejar de lado la importancia del método de ensayo a compresión, su adecuada realización y su influencia en los resultados obtenidos del mismo.

Como objetivo primordial se analizará la relación entre el encabezado con mortero de azufre y las placas elastoméricas de dureza Shore 50 aplicando las normas correspondientes para determinar esta correlación y certificar el uso de las mismas. A su vez, se señalarán los pasos que se ven asociadas con el ensayo ya sea tanto el cálculo de la resistencia empleando las placas elastoméricas como su correcta utilización y rango de uso.

I. EL ENSAYO DE COMPRESIÓN

Como se ha mencionado anteriormente es fundamental la relevancia del ensayo a compresión ya que con el mismo se determina no sólo una de las características substanciales del hormigón, sino también que se debe considerar su gran influencia en las otras propiedades del mismo, siendo la característica más influyente. En otras palabras, estamos evaluando a través de este ensayo varias cuestiones al mismo tiempo.

Antes de efectuar el ensayo a compresión es necesario tratar las bases de los testigos y probetas de hormigón de forma tal que las mismas resultan superficies planas y paralelas entre sí, y al mismo tiempo normales al eje longitudinal de la probeta. Lo cual no debe ser considerado como un tema menor.

Es necesario prestar atención al momento de determinar qué metodología de ensayo se utilizará, ya que el caso de encabezado tradicional ofrece la ventaja de propiciar superficies planas y paralelas entre sí mediante el azufre a la mayoría de las probetas y testigos que presenten irregularidades en sus bases. Se verá más adelante que al utilizar las placas de elastómero, en cambio, se presentan ciertas restricciones.

El método tradicional está regulado mediante la norma IRAM I553: “Preparación de las bases de probetas cilíndricas y testigos cilíndricos, para ensayo de compresión”. El mismo se efectúa mediante un mortero de azufre, arena sílicea o cuarzo y grafito en proporciones adecuadas al cual se lo somete a una temperatura de $130\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, con el fin de fundir el azufre. Cuando el mismo se encuentra aún fundido se lo vierte en dispositivos de alineamiento para luego lentamente colocar las probetas, esperar que solidifique y por último retirar la probeta cuidadosamente. Este procedimiento se repite de la misma manera en la otra cara y luego de dejar reposar la probeta durante dos horas, como mínimo, se procede al ensayo de compresión (**Figura I**). Si bien la norma indica, como se menciona anteriormente, que el mortero ha de estar compuesto por azufre, arena y grafito, esto no es llevado a la práctica. Por lo cual las comparaciones que se realizan se encuentran también condicionadas por este hecho.

En el caso de las placas elastoméricas, la norma IRAM I709: “Método para el uso de encabezado con placas de elastómero en la determinación de la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas” establece los pasos a seguir para su utilización. La preparación de las bases de las probetas que se ensayarán con este método es casi inexistente. Sin embargo, se presentan ciertas limitaciones o requisitos en relación a la aceptación de las probetas o testigos ya que se deben medir la perpendicularidad

de los mismos y las depresiones en las bases con límites bastante estrictos en cuanto a las desviaciones de los mismos. Siendo estas las únicas fronteras que se deben traspasar, ya que luego de verificar las características mencionadas se puede realizar el ensayo colocando las placas en los dos retenes metálicos y ubicando la probeta entre las placas de elastómero. Operación que demanda unos pocos segundos (**Figura 2**).



Figura 1



Figura 2

Así mismo, es importante destacar que debido a la violenta liberación de energía almacenada en las placas, la rotura de la probeta raramente presenta la fractura cónica típica de las probetas encabezadas de manera tradicional (**Figura 3**)



Figura 3

Otro aspecto a analizar en relación al ensayo de compresión es el costo que ocasionan cada uno de los métodos en cuestión. En relación a lo cual podemos señalar que en el caso del encabezado tradicional no se trata sólo de la bolsa de azufre como muchas veces se cree, sino que ésta sólo es una parte del costo total. Se verá este aspecto en la evaluación técnico-económica que se detalla a continuación.

2. EVALUACIÓN TÉCNICO - ECONÓMICA

Se realizó la siguiente tabla informativa de la relación entre los costos principales de cada método, aunque el análisis de costos es mucho más simple para el uso de las placas elastoméricas que para el caso del azufre, ya que se necesitan discos metálicos de usos prácticamente indefinidos y placas de neopreno las cuales pueden llegar a utilizarse más de cien veces.

Material	Costo por kg s/IVA	Costo por kg + IVA	Costo total
Placa de dureza Shore 50	-	-	\$ 115
Placa de dureza Shore 60	-	-	\$ 115
Placa de dureza Shore 70	-	-	\$ 115
Azufre	\$ 4,36	\$ 5,28	\$ 131,89
Grafito	\$ 7,39	\$ 8,94	\$ 268,26
Arena	-	-	\$ 130 x m3

A su vez, no se necesitan instalaciones especiales ni un empleado destinado específicamente al encabezado, ya que se ensaya con sólo colocar los discos en la prensa. Es necesario, sin embargo, debido a la rotura más enérgica de la probeta con encabezado de neopreno, una jaula de resguardo para la protección del la prensa y del operario.

Por otra parte, para poder realizar el encabezado con azufre se deben tener las instalaciones propicias para el fundido del azufre, que causan así mismo costos en gas para el mechero y electricidad para el sistema de ventilación con al adicional costo de mantenimiento periódico (**Figura 3**).



Figura 3



Figura 4

Sin olvidarnos que se deben poseer las normas de seguridad adecuadas, como ser elementos de protección para los operarios tales como guantes, gafas, etcétera (**Figura 4**). Todos los que hemos encabezado probetas con este método conocemos perfectamente estos aspectos. Como se ha visto el costo de la bolsa de azufre

representa sólo un porcentaje en el cálculo total de costo de este tipo de encabezado.

3. LAS PLACAS ELASTOMÉRICAS

Para efectuar el encabezado con placas de elastómero en la determinación de la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas es necesario contar con placas fabricadas de material elastomérico el cual posea la tenacidad suficiente para soportar repetidos usos.

En la actualidad se ha aprendido a sintetizar muchos compuestos de alto peso molecular diferentes, que han hallado utilidad en la preparación de diferentes materiales, entre ellos los elastómeros.

Como resultado del estudio de los compuestos de alto peso molecular se ha establecido que las propiedades físico-mecánicas de éstos dependen ante todo de la forma de las moléculas (enlaces entrecruzados), y la composición química juega un papel de subordinado.

Un requisito característico del comportamiento elastomérico es que la estructura molecular sea ligeramente entrecruzada. El proceso de entrecruzamiento de los elastómeros se denomina vulcanización, que se consigue mediante una reacción química no reversible. El caucho sin vulcanizar es blando y pegajoso y tiene poca resistencia a la abrasión.

Mediante la vulcanización aumentan el módulo de elasticidad, la resistencia a la tracción y la resistencia a la degradación por oxidación. La magnitud del módulo de elasticidad es directamente proporcional a la densidad de enlaces entrecruzados.



Figura 5 (a)



Figura 5 (b)

Las placas elastoméricas deben tener un espesor de 13 mm +/- 2 mm y su diámetro ser como máximo 2mm menor que el diámetro interior del aro de retención. Las placas fabricadas de poliuretano u otros tipos de cauchos como el policloropreno (neopreno), o con un caucho natural que tenga dureza Shore A entre 50 [Figura 5 (a) y Figura 5 (b)] y 70 son aceptables. Esta dureza Shore ha de determinarse a través de la norma IRAM 113003 "Elastómeros y Plastómeros. Método de determinación de la dureza Shore A y Shore B".

Es importante tener en cuenta que las placas cumplen una vida útil determinada, por lo que es necesario examinar las mismas para detectar un uso excesivo o algún deterioro en ellas. La norma IRAM I709 indica que se deben reemplazar aquellas placas que presenten agrietamientos o hendiduras que excedan los 10 mm de largo, independientemente de su profundidad.

En este aspecto, se puede señalar que los límites que se imponen son demasiados angostos ya que las placas sufren rápidamente deformaciones que superan muchas veces estos parámetros [Figura 6 (a) y Figura 6 (b)]



Figura 6 (a)



Figura 6 (b)

Adicionalmente, las caras de las probetas a ensayar utilizando placas elastoméricas no deben presentar depresiones bajo un filo recto medido con un calibre a lo largo de cualquier diámetro que excedan los 5mm. En el caso de que las probetas no cumplan con estas condiciones, no podrán ser ensayadas a menos que se eliminen las irregularidades mediante aserrado o amolado.



Figura 7 (a)



Figura 7 (b)

No hay duda que en este contexto, son pocas las probetas que se encuentran en condiciones de ser ensayadas sin ningún tipo de trabajo suplementario. Generalmente las probetas que se desean ensayar están lejos de estas características, como se puede observar en las Figura 7 (a) y Figura 7 (b).

Sin mencionar que no cumplen con las indicaciones de la norma: “*Previo a su almacenamiento, se coloca sobre la superficie **curva** de las probetas el número o letra de identificación, se lo anota y también se registra el lugar de la obra de donde*

se extrae la muestra de hormigón con que se moldeó la probeta. (Norma IRAM 1524, 7.2.2)”

Aún más, las probetas realizadas para este estudio fueron preparadas en laboratorio y enrasadas cuidadosamente. No obstante, algunas de ellas necesitaron un pulido posterior para el acabado solicitado lográndose de esa manera una superficie que verifique las condiciones mencionadas anteriormente, las mismas se pueden ver en las **Figura 8 (a)** y **Figura 8 (b)**.



Figura 8 (a)



Figura 8 (b)

4. PASOS PRELIMINARES

Para consumir el estudio del sistema de encabezado con placas elastoméricas se realizaron una serie de pasos previos al ensayo en sí mismo de las probetas. Principalmente se reunieron ciertos datos que permitieron, entre otras cosas, determinar la dosificación a emplear para la preparación de las probetas.

Una de las tareas que se realizó a lo largo de toda la elaboración del trabajo fue el tamizado de la arena "argentina". Puesto que para realizar el mortero de azufre según la IRAM 1533, el mismo debe estar constituido por una mezcla que contenga el 75% de azufre, 5 % de grafito y 20 % de arena silíceo o cuarzo que pase el tamiz IRAM 150 μm . Este es el tamiz N° 100, el cual es el último en la serie de tamices que define al agregado fino para hormigones, en otras palabras, la arena que pasa el tamiz de 150 μm es realmente muy fina por lo que el tamizado ha sido una labor continua.

Se hizo una evaluación sólo estimativa del porcentaje que pasa el tamiz N° 100 realizándose un tamizado mecánico durante 20 minutos de una muestra de 300g luego del cual se determinó el peso retenido y peso que pasa. El resultado obtenido fue del 8,7% que pasa y es únicamente una apreciación ya que su fin es meramente anecdótico.

A pesar de esto no se obtuvo el peso necesario para poder emplearlo en el ensayo final. Se continúa tamizando para poder emplear la arena en los ensayos futuros con las demás placas.

Asimismo se determinaron el tamaño máximo y el módulo de finura de los agregados en la dosificación a través de un análisis granulométrico, el cual proporcionó los resultados que se detallan a continuación.

Piedra 6:20

Peso de la muestra: 5000,2 g		Piedra 6:20	Fecha: 12/03/09
Tamiz N°	Peso Ret. Acum.	%Ret. Acum.	%que pasa
1 1/2"	0	0	100
1"	0	0	100
3/4"	52	10,4	89,6
1/2"	1792	35,8	64,2
3/8"	3962	79,2	20,8
4	4958	99,1	0,9
8	4992	99,8	0,2
El tamaño máximo resulta 1"			

Arena Oriental

Peso de la muestra: 500,4 g		arena oriental	Fecha: 3/04/09
Tamiz N°	Peso Ret. Acum.	%Ret. Acum.	%que pasa
3/8"	0	0	100
4	8,2	1,6	98,4
8	29,4	5,9	94,1
16	154,2	30,8	69,2
30	384,8	76,39	23,1
50	444	88,7	11,3
100	489,6	97,8	2,2
Módulo de finura: 3,02			

Arena Argentina

Peso de la muestra: 501,2 g		arena argentina	Fecha: 3/04/09
Tamiz N°	Peso Ret. Acum.	%Ret. Acum.	%que pasa
03-Ago	0	0	100
4	0	0	100
8	1,4	0,3	99,7
16	4,8	0,96	99,04
30	28	5,6	94,4
50	172	34,3	65,7
100	461,8	92,1	7,9
Módulo de finura: 1,33			

A efectos de determinar la dosificación a utilizar se realizaron previamente al ensayo dos pastones de prueba de los cuales se moldearon 8 probetas de 10 x 20 cm cumpliendo con la norma IRAM 1534: "Hormigón de cemento pórtland. Preparación y curado de probetas para ensayos en laboratorios". Las probetas fueron ensayadas a 7 días a compresión para efectuar un control de resistencia.

Gracias a estos pasos preliminares se recaudaron los datos necesarios para realizar el hormigón que conformaría las probetas a ensayar.

5. ENSAYO SEGÚN IRAM 1709

El ensayo requiere que quien utiliza el sistema de encabezado con placas de elastómero lleve a cabo ensayos de calificación para su valoración antes de usarlo. Estos ensayos demandan un mínimo de diez pares de probetas que deberán ser moldeadas del mismo pastón y curadas de la misma manera, tan cerca uno del otro como sea posible.

Se define a su vez, el “nivel de resistencia” como el promedio de las resistencias de las 20 o más probetas cuyas resistencias están dentro de un intervalo de 7 MPa. Los ensayos de calificación deben establecer los niveles adecuados de resistencia máximos y mínimos para usar con placas de una dureza Shore A determinada. Aunque la norma no especifica la dureza específica indica que niveles entre 50 y 70 son aceptables. Basándonos en la ASTM 1231, que establece una tabla con rengos determinados, utilizamos la placa de dureza Shore A=50 la cual nos permite trabajar entre los 10 y 40 MPa. La dosificación utilizada fue la siguiente:

Dosificación					
Materiales	P [kg]	D	V [m3]	0,07	P [gramos]
Agua	195	1,00	0,195	13,650	13650
Cemento	450	3,15	0,143	31,500	31500
Agregado Grueso	960	2,67	0,360	67,200	67200
Agregado Fino	749	2,65	0,283	31,458	31458
Aire			0,020	15,750	15750
a/c	0,43		1,000	-	-

La norma establece que para cada nivel de resistencia del hormigón las probetas deben provenir de un mínimo de dos muestras realizadas en diferentes días. Por lo cual se moldearon primeramente 10 probetas de 10 x 30 cm, las cuales se ensayaron a los 7 días, cinco de ellas con las placas elastoméricas y las otras cinco con el encabezado tradicional, para poder realizar la prueba de calificación. Esta fue denominada Serie I.



Figura 3

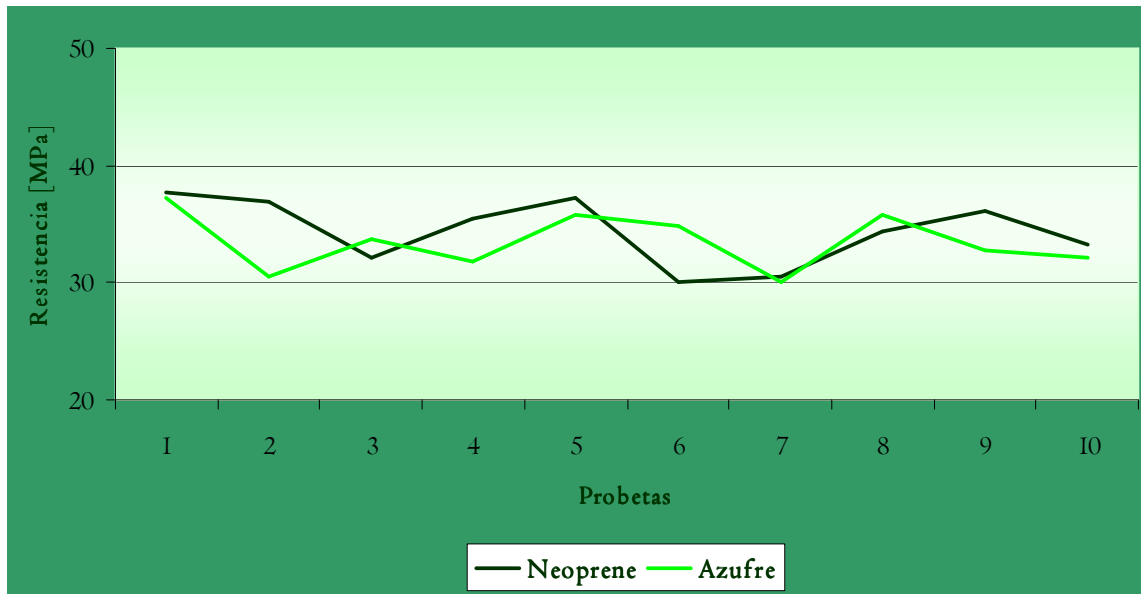
Dos días luego del primer moldeo se volvió a realizar el hormigón con la misma dosificación moldeando nuevamente 10 probetas de 10 x 30 cm que fueron ensayadas a los 7 días correspondientes. Esta fue denominada Serie II. Se detallan a continuación los datos obtenidos de ambas series:

Ensayo a Compresión - Serie I			
Encabezado con Placas Elastoméricas		Encabezado con Azufre	
Nº probeta	Resistencia (Mpa)	Nº probeta	Resistencia (Mpa)
I-1	37,7	I-4	35,8
I-3	36,9	I-2	31,8
I-7	32,1	I-6	33,7
I-10	35,5	I-5	37,3
I-8	37,2	I-9	30,5
Promedio = 35,9 MPa		Promedio = 33,8 MPa	

Ensayo a Compresión - Serie II			
Encabezado con Placas Elastoméricas		Encabezado con Azufre	
Nº probeta	Resistencia (Mpa)	Nº probeta	Resistencia (Mpa)
2-3	30	2-4	32,2
2-6	30,6	2-1	32,8
2-9	34,4	2-7	35,8
2-8	36,1	2-5	29,5
2-10	33,2	2-2	34,9
Promedio = 32,9 MPa		Promedio = 33,0 MPa	

Estos datos revelan en principio, sin la realización de ningún estudio estadístico, que las diferencias en cuanto a la resistencia a compresión de cada tipo de encabezado son prácticamente despreciables. Aún más, los procedimientos estadísticos realizados a continuación que están indicados en la norma, se utilizan con el fin de asegurar que el sistema de encabezado con elastómeros no *reduzca* la resistencia en más del 2%. Como se ve a grandes rasgos en los promedios eso no sucede.

A continuación se muestra un gráfico que sintetiza el comportamiento de ambos métodos de ensayo a compresión de las probetas cilíndricas. En el mismo, se puede observar que ambos tienen un patrón similar.



Para cada nivel de resistencia se debe calcular:

- La diferencia de resistencia para cada par de probetas, calculada como la resistencia de la probeta con encabezado de elastómero (X_{pi}) menos la resistencia de la probeta preparada según la IRAM 1553 (X_{si}) en Mpa (Ecuación 1)
- La resistencia promedio de las probetas encabezadas según la IRAM 1553, para un dado nivel de resistencia, en Mpa (Ecuación 2)
- La resistencia promedio de las probetas encabezadas con placas de elastómero, para un dado nivel de resistencia, en Mpa (Ecuación 3)
- Por último se calcula la diferencia promedio y el desvío estándar de la diferencia, S_d , para cada nivel de resistencia (Ecuación 4) y (Ecuación 5)

$$d_i = X_{pi} - X_{si} \text{ (Ecuación 1)}$$

$$\bar{X}_s = (\sum X_{si}) / n \text{ (Ecuación 2)}$$

$$\bar{X}_p = (\sum X_{pi}) / n \text{ (Ecuación 3)}$$

$$\bar{d} = (\sum d_i) / n \text{ (Ecuación 4)}$$

$$S_d = \sqrt{(\sum (d_i - \bar{d})^2) / (n-1)} \text{ (Ecuación 5)}$$

Siendo n en ambos casos el número de pares de probetas ensayadas por niveles de resistencia.

Para cumplir con lo que indica la norma es necesario satisfacer con los datos conseguidos la siguiente relación:

$$\bar{X}_p \geq 0,98 \bar{X}_s + (t \cdot Sd) / \sqrt{n}$$

El valor de la T de Student para (n-1) pares y para alfa = 0,05 se obtiene de la siguiente tabla:

(n-1)	T (alfa = 0,50)
9	1,833
14	1,761
19	1,792
100	1,662

Con los datos obtenidos se realizaron los cálculos mencionados anteriormente y los resultados obtenidos se expresan a continuación:

Par de Probetas N°	Encabezado de Neoprene	Encabezado de Azufre	Diferencia d
	Mpa	Mpa	Mpa
1	37,7	37,3	0,4
2	36,9	30,5	6,4
3	32,1	33,7	-1,6
4	35,5	31,8	3,7
5	37,2	35,8	1,4
6	30	34,9	-4,9
7	30,6	30	0,6
8	34,4	35,8	-1,4
9	36,1	32,8	3,3
10	33,2	32,2	1
Promedio	34,37 Mpa	33,48 Mpa	0,89
Desviación Estándar			3,15

Reemplazando obtenemos:

$$34,37 \geq 0,98 \times 33,48 + (1,833 \times 3,15) / \sqrt{10}$$

$$34,37 \geq 32,81 + 1,82$$

$$\mathbf{34,37 \geq 34,63}$$

Si bien estos datos no satisfacen la inecuación, su diferencia es tan pequeña que nos alienta a seguir investigando. Estamos hablando de un desfase de 0,26 en cuanto a los requisitos de la norma aplicando los métodos estadísticos y de una discrepancia en los promedios de ambos métodos de tan sólo de 0,11 Mpa.

6. CONCLUSIONES FINALES

Se han presentado una serie de análisis en cuanto a ambos sistemas de encabezado, describiendo características favorables y desfavorables de cada uno de ellos con el objetivo primordial de introducir en el plano del ensayo a compresión una opción diferente.

Es necesario subrayar algunos aspectos demasiados acotados en lo que se refiere a los parámetros establecidos por la norma reguladora del empleo de placas elastoméricas. En este sentido, uno de los requisitos en cuanto a las probetas a ensayar establece que las caras de las mismas no deben poseer marcas que excedan los 3 mm, lo que determina un intervalo demasiado angosto especialmente para probetas realizadas en obra, que rara vez cumplen estas condiciones.

Cabe a su vez considerar que las comparaciones realizadas entre los sistemas están basadas en la norma en relación a la aplicación del *mortero* de azufre, por lo que no es posible estar en condiciones de definir con precisión cuáles serían los resultados una vez que se apliquen esas condiciones. Es esta una de las principales razones, así mismo, de la continuidad de la investigación, que abre una esperanza en cuanto a la utilización eficiente de este sistema.

La evaluación del uso de las placas elastoméricas podría conducir a una forma ágil, optimizada y confiable de la resistencia a compresión, una de las características principales del hormigón endurecido.

Si bien este “nuevo” sistema de encabezado (la norma I709 que lo regula rige desde el año 2002) aún genera un escepticismo general, que viene a su vez respaldado de alguna manera por las estrictas particularidades de la norma, es necesario continuar con la investigación de manera de poder hacer un juicio más objetivo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Norma IRAM 1553 Hormigón de cemento pórtland. Preparación de las bases de probetas cilíndricas y testigos cilíndricos, para ensayos a la compresión, 1983.
- Norma IRAM 1709 Método para el uso d encabezado con placas de elastómero en la determinación de la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, 2002.
- Norma IRAM 1546. Hormigón de Cemento pórtland. Método de ensayo de compresión, 1992.
- Norma ASTM C 1231 Standard Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders, 2000.
- Norma ASTM C 617 Standard Practice for Capping Cylindrical concrete Specimens, 1998.
- Segerer Maximiliano, La batalla por el encabezado, Revista Hormigonar, Asociación Argentina del Hormigón Elaborado, Año 4, Edición 12, Agosto 2007, Páginas 32-36.
- AATH, Memorias, 16ª Reunión Técnica, Mendoza. Anthony I., Defagot C., Domínguez L., Magnano E., Piga R.; Control de Calidad del Materiales de Encabezado para Ensayo a Compresión de Probetas de Hormigón, CECOVI. Noviembre, 2006.
- Publicación del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto; Cabeceo de especímenes de concreto cilíndricos, Agosto 2008.
- Publicación de Pórtland Cement Association; Concrete Technology Today; Strongs results for Pad Caps; Marzo 2003.
- Fernandez-Luco L.; D'Andrea R., Benítez A.; Acondicionamiento de Probetas y Testigos Cilíndricos de Hormigón para Ensayo a la Compresión- Especificaciones para el Compuesto de Refrentado (Camping); CONPAT, 2005.
- ACI 211.1-91 (reapproved 2002) Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete
- V.M. Potapov; S. N. Tatarinchik; Química Orgánica. Editorial Mir Moscú; 2da edición, 1983
- Callister, W. D. ; Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Editorial Reverté, Volumen II, 1996.
- Aïtcin P. C.; High Performance Concrete; Editorial E and FN Spon, 1998.
- Ken W. Day; Concrete mix design, Quality, Control and specifications; Editorial E and FN Spon, 1999.