



# Revista ALCONPAT

www.revistaalconpat.org

eISSN 2007-6835



Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción

## Evaluación de elementos premoldeados de hormigón utilizados en instalaciones de crianza de ganado porcino en ambiente agresivo. Recomendaciones de fabricación

A. Oshiro<sup>1</sup>, M. Positieri<sup>1</sup>, C. Baronetto<sup>1</sup>, B. Raggiotti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación CINTEMAC, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.

### Información del artículo

#### DOI:

<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v3i2.50>

Artículo recibido el 24 de Febrero de 2013, revisado bajo las políticas de publicación de la Revista ALCONPAT y aceptado el 26 de Abril de 2013. Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores, se publicará en el primer número del año 2014 siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del tercer número del año 2013

### RESUMEN

Las modernas instalaciones destinadas a la crianza intensiva de ganado porcino se construyen con elementos premoldeados de hormigón ensamblados in situ en grandes superficies techadas; están sujetas a un ambiente agresivo por los excrementos y vapores que el ganado porcino produce, produciéndose un recambio prematuro de piezas por la escasa durabilidad de las mismas. El trabajo presenta los resultados del estudio realizado sobre elementos premoldeados de hormigón (sin uso) que conforman la estructura, con el objetivo de verificar su comportamiento en las condiciones de servicio y realizar recomendaciones para asegurar su correcto desempeño. Se extrajeron testigos de las piezas y se midieron la resistencia a compresión, velocidad de pasaje de onda ultrasónica, absorción capilar, absorción y permeabilidad al aire. Los resultados obtenidos permiten calificar al hormigón entre regular y bueno y se presentan las recomendaciones que deberían considerarse al fabricar los elementos premoldeados para asegurar su durabilidad.

**Palabras Clave:** hormigón; premoldeados; durabilidad; calidad; testigos.

### ABSTRACT

The modern installations for the intensive rearing of pigs are constructed based on precast concrete elements that are assembled on site in large areas covered and which are subject to an aggressive environment and in the feces they produce vapors, causing a premature replacement of parts by the low durability of the same. The paper presents the results of a study on precast concrete (unworn) that make up the structure in order to verify its performance in service conditions and make recommendations to assure its correct performance. Witnesses were extracted from the parts and measured the resistance to compression, speed of passage of the ultrasonic wave, capillary absorption, absorption and permeability to air. The results obtained allow us to qualify to the concrete between regular and good and presents the recommendations should be considered when manufacturing the precast elements to ensure their durability.

**Key Words:** concrete; precast; durability; quality; witnesses.

Autor de contacto: Angel Oshiro ([oshiroangel@gmail.com](mailto:oshiroangel@gmail.com))

© 2013ALCONPAT Internacional

### Información Legal

Revista ALCONPAT, Año 3, No. 2, Mayo - Agosto 2013, es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A.C., Av. Zamná No. 295 entre 61 y 63 Fraccionamiento Yucalpetén, Mérida, Yucatán, México, C.P. 97248, Tel.5219997385893, [alconpat\\_int@gmail.com](mailto:alconpat_int@gmail.com), Página Web: [www.alconpat.org](http://www.alconpat.org)  
Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges. Reserva de derechos al uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, ISSN 2007-6835, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática ALCONPAT, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado, Av. Zamná No. 295 entre 61 y 63 Fraccionamiento Yucalpetén, Mérida Yucatán, México, C.P. 97248, fecha de publicación: 30 de mayo de 2013.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor. Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la ALCONPAT Internacional A.C.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los corrales modernos destinados a la crianza y engorde de ganado porcino se construyen con elementos premoldeados de hormigón que son ensamblados in situ en grandes superficies techadas. Estas estructuras están conformadas por pilares y columnas parcialmente enterradas sobre las que se montan vigas; sobre éstas se coloca el piso flotante, denominado “slat”, que es la superficie sobre la que se movilizan los animales durante su crianza; este piso tiene ranuras que permiten el paso de excrementos a la parte inferior del conjunto. En la Figura 1 se presenta la distribución de estos elementos y en la Figura 2, un corral con la vista de la superficie sobre la que transitan los animales.



Figura 1. Detalle constructivo



Figura 2. Corral con porcinos

La estructura de hormigón sufre ataques de carácter químico por estar en contacto con los excrementos y con los vapores que producen los porcinos. La superficie del piso flotante donde se desplazan los animales sufre, además, la abrasión producida por sus patas. Estas agresiones traen como consecuencia un deterioro que hace necesario el recambio prematuro de las piezas que habitualmente se encuentran en el mercado comercial, con el consiguiente perjuicio económico para los empresarios del sector ganadero porcino.

El trabajo presenta los resultados del estudio realizado sobre elementos premoldeados de hormigón (sin uso), seleccionados al azar, que conforman la estructura de los corrales con el objetivo de verificar el comportamiento que tendrían en las condiciones de servicio y realizar las recomendaciones para asegurar su correcto desempeño.

### 1.1 Las partes de un establecimiento de crianza de ganado porcino

En general constan de cinco galpones y lagunas de estabilización para el tratamiento de los efluentes producidos por los excrementos de los animales. En el Galpón N°1 se albergan a las madres que están por parir y a los cerdos más pequeños. En el Galpón N°2 se alojan madres, a la espera de pasar al Galpón N°1 para dar a luz. En el Galpón N°3, denominado de desarrollo, se encuentran los cerdos pequeños que vienen del Galpón N°1; engordan unos 20 kilos y luego salen con algo más de 55 kilos. En el Galpón N°4 y 5 se desarrolla el engorde hasta unos 110 kg y luego salen a la venta.

Con respecto a la limpieza de los residuos, en todos los galpones, en el suelo se encuentran unas celdas con rendijas las cuales permiten el paso de la materia fecal y la orina. Esta cae en un doble fondo provisto de pelos que combinados con bacterias que se colocan cada 3 días, descomponen la materia y evitan el mal olor.

Los residuos que quedan van cayendo por la bajada de un galpón a otro y termina en las lagunas de estabilización que se encuentran cerca del galpón más bajo, el número uno (Millares P., 2011). En la Tabla 1 se presenta un análisis químico típico del efluente recolectado en un galpón.

Tabla 1. Análisis químico del efluente

Lugar de extracción: GALPON		
Determinaciones	Valores	Unidades
Olor	Objetable	--
Color	Objetable	--
pH	6,5-7,5	--
Sólidos susp. totales	125	gr/l
Sólidos volátiles totales	104	gr/l
DBO	35,8	--
DQO	110	--
Nitrógeno Total	7,1	gr/l
Fósforo	18,5	gr/l
Potasio	3,4	gr/l
Sulfato	1,03	gr/l

Considerando la presencia de sulfatos en el efluente y su pH, según el reglamento CIRSOC 201-2005, (Tabla 2.3) el grado de ataque se puede clasificar como ataque moderado; sin embargo si además se considera la agresión por desgaste es necesario en el diseño y fabricación de estas estructuras de hormigón, no sólo tener en cuenta la resistencia mecánica de las piezas premoldeadas, sino una exigencia especial para garantizar su durabilidad frente a los ataques físico-químicos.

## 2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

Para evaluar el nivel de calidad de las estructuras de hormigón de corrales y sus partes componentes se realizó en elementos premoldeados de columnas, vigas y slats, una auscultación por ultrasonido de la onda de pasaje; también se extrajeron testigos calados sobre los que se realizaron ensayos de absorción al agua, succión capilar, permeabilidad al aire y resistencia a la compresión.

Los ensayos de ultrasonido (Vel. Ultr.) y permeabilidad al aire (kT) se realizaron en distintas zonas sobre cada una de las piezas, en los lugares de donde luego se extrajeron los testigos. Para evitar la influencia de las armaduras en las mediciones se las ubicó previamente mediante detección magnética.

Las piezas ensayadas, de distintos fabricantes, fueron provistas por una empresa dedicada a la crianza de porcinos y los resultados se presentan en la Tabla 2. La designación de los ensayos realizados es la siguiente:

F<sub>c</sub> [MPa]: resistencia a compresión

Abs [%]: absorción en agua

Suc. Cap. [gr/m<sup>2</sup>]: succión capilar

Vel. Suc. Cap. [gr/m<sup>2</sup>.s<sup>1/2</sup>]: velocidad de succión capilar

Vel. Ultr. [m/seg]: velocidad de pasaje de la onda ultrasónica por transmisión directa.

kT: coeficiente de permeabilidad al aire

Tabla 2. Resultados de ensayos

		F'c	Abs	Suc. Cap	Vel. Suc Cap	Vel. Ultr.	kT
		[Mpa]	[%]	[gr/m <sup>2</sup> ]	[gr/m <sup>2</sup> .s <sup>1/2</sup> ]	[m/seg]	[10 <sup>-16</sup> m <sup>2</sup> ]
<b>Slat</b>	1	24,7	4,9	7435	20.14	3290	2,0
	2	24,3	5,1	8225	20.81	3195	3,9
	3	12,9	5,1	8350	21.17	3178	2,9
<b>Vigas</b>	1	13,5	5,5	9870	24.21	3461	11,0
	2	15,0	5,3	8020	18.98	3288	24,0
	3	13,9	5,4	6232	14.26	3447	8,4
<b>Pilar A</b>		27,2	4,1	6102	13.52	3965	3,6
<b>Pilar B</b>		13,7	5,8	6816	14.91	3319	1,3

En las Figuras 3 a 8 se presenta el aspecto de la terminación superficial de algunas piezas, la presencia de partículas blandas y oquedades en los testigos extraídos y la posición de armaduras.



Figura 3: Inclusión de partícula blanda



Figura 4: Macro porosidad generalizada



Figura 5: Geometría de la sección del slat



Figura 6: Presencia de armadura en el slat



Figura 7: Terminación de la cara inferior de la viga



Figura 8: Presencia de armadura en la viga

### 3. ANALISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de resultados se consideran los conceptos Aitcin, P. (2008) referidos a resistencia, durabilidad, terminación superficial y compacidad del hormigón y los del reglamento argentino CIRSOC 201-2005 en lo que se refiere a exigencias de resistencia a compresión y succión capilar y luego se analizan los resultados de los ensayos no destructivos.

El reglamento argentino CIRSOC 201-2005, en su punto 2.4, define los hormigones con características especiales como aquellos hormigones que serán colocados bajo agua, los que necesitan elevada impermeabilidad y aquellos expuestos a abrasión, exigiendo que se adopten las resistencias y las razones agua/cemento que resulten más restrictivas, para lo cual presenta información que se transcribe en la Tabla 3; es justamente en la columna de hormigones expuestos a abrasión la que se encuentran los requisitos más exigentes.

La resistencia a compresión del hormigón es la propiedad más conocida del hormigón y, en general, se emplea como un indicador de su calidad. En este trabajo los resultados obtenidos de resistencia a compresión del hormigón en testigos extraídos presentan valores dispersos y muy por debajo de lo requerido en el reglamento CIRSOC 201, que requiere resistencia a compresión del orden de los 40 MPa, por lo que se considera inapropiado el nivel de resistencia para las exigencias de durabilidad a que están sometidos los elementos premoldeados de hormigón.

Con respecto a la succión capilar, este Reglamento considera que los hormigones de las estructuras que estarán sometidas a las clases de exposiciones Q1 (Tablas 2.1 y 2.2) deben tener una velocidad de succión capilar igual o menor que  $4,0 \text{ gr/m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$ , medida de acuerdo con el ensayo de la norma IRAM 1871:2004 con probetas cilíndricas de 100 mm de diámetro; las velocidades de succión de los testigos de hormigón superan entre cuatro a seis veces ese valor, indicando una conectividad que facilita la circulación del agua en la estructura de poros, perjudicando la durabilidad del material. En ese sentido, Fernández Luco (2001) manifiesta que la relación que existe entre la porosidad y la durabilidad se refleja en casi todos los reglamentos y códigos y que podría decirse que la porosidad es un parámetro condicionante de primer orden para asegurar la durabilidad del hormigón. La posibilidad de incorporar adiciones minerales activas abre un camino para modificar la estructura porosa de la masa de hormigón y la interconectividad de dichos poros, incrementando la tortuosidad de la red de poros capilares y disminuyendo su conectividad (Positieri, M., 2012)

Tabla 3. Hormigones con características especiales (CIRSOC 201-2005)

<b>Tipo de hormigón</b>	<b>Hormigón a colocar bajo agua</b>	<b>Hormigón de elevada impermeabilidad</b>	<b>Hormigón expuesto a abrasión</b>
Casos típicos	Pilotes de gran diámetro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cisternas.</li> <li>• Depósitos para agua.</li> <li>• Conductos.</li> <li>• Tuberías.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resbalamiento de materiales a granel.</li> <li>• Movimiento de objetos pesados.</li> <li>• Esguerrimiento rápido de agua</li> </ul>
Máxima razón agua/cemento, en masa	0,45	espesor $\leq$ 500 mm: 0,45 espesor $>$ 500 mm: 0,55	0,42
Clase mínima de hormigón	H-30	espesor $\leq$ 500 mm: H-30 espesor $>$ 500 mm: H-20	H-40
Aire incorporado	si	no	no
Aditivo fluidificante	recomendable	recomendable	recomendable
Aditivo superfluidificante	recomendable	recomendable	recomendable
Asentamiento (mm)	180 $\pm$ 20	menor de 150	menor de 100
Penetración de agua IRAM 1554:1983	-----	Para espesor de hormigón $\leq$ 500 mm, la penetración de agua en el ensayo IRAM 1554:1983 debe ser igual o menor que 30 mm	-----
Exigencias adicionales a cumplir por los agregados	Agregado grueso: Tamaño máximo nominal igual o menor que 25 mm	-----	Agregado grueso: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño máx. nominal <math>\leq</math> 26,5 mm</li> <li>• Tamaño máx. nominal no mayor de 1/3 del espesor del elemento estructural.</li> <li>• Desgaste "Los Ángeles" igual o menor que 30 %</li> </ul>

Para el análisis de resultados de la permeabilidad al aire se considera la clasificación según un coeficiente [kT], que se presenta en la Tabla 4, de acuerdo a lo establecido en la norma suiza de permeabilidad al aire SIA 262/1-E, 2003.

Tabla 4. Clasificación de permeabilidad al aire (SIA 262/1-E, 2003)

<b>Clase</b>	<b>kT Permeabilidad (10<sup>-16</sup>m<sup>2</sup>)</b>	<b>Permeabilidad</b>
PK5	> 10	Muy alta
PK4	1.0 – 10	Alta
PK3	0.1 – 1.0	Moderada
PK2	0.01 – 0.1	Baja
PK1	< 0.01	Muy baja

Los resultados obtenidos presentan gran dispersión entre las piezas ensayadas pero aun así permiten determinar que la permeabilidad al aire de las mismas es alta a muy alta; en los slats, en la viga 3 y en los pilares, es alta, y en la de las vigas 1,2 muy alta superando ampliamente el valor de la clase PK5. El método se considera adecuado para medir la capacidad del hormigón de recubrimiento a la penetración de agentes agresivos que pueden afectar la durabilidad de estas estructuras, ya que este método permite valorar la calidad de los primeros centímetros de la capa superficial de hormigón.

También la calidad de un hormigón desconocido puede evaluarse en función de la velocidad medida "in situ" con la clasificación de velocidades ultrasónicas que se presenta en la Tabla 5; estos valores son reconocidos, aceptados y aplicados en prácticamente toda la bibliografía a nivel mundial (Internacional Atomic Energy Agency, 2002).

Tabla 5. Calidad del Hormigón según velocidad ultrasónica (Internacional Atomic Energy Agency, 2002)

<b>Velocidad ultrasónica [m/seg]</b>	<b>Calidad del Hormigón</b>
4500	EXCELENTE
3500 a 4500	BUENO
3000 a 3500	REGULAR
2000 a 3000	MEDIOCRE
2000 o menos	MALO

Los resultados permiten clasificar la calidad del hormigón de estas piezas premoldeadas como regular a bueno; sin embargo su limitación como indicador de durabilidad radicaría en que el método no es capaz de enfocar la medición en la zona expuesta al medio agresivo sino que, por el contrario, todo el volumen de la muestra participa del mismo ya que la onda ultrasónica atraviesa todo el material.

#### 4. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

El análisis de los resultados expuestos y las consideraciones previas avalan el concepto de que si las piezas estudiadas hubieran sido puestas en servicio, su vida útil hubiera sido muy breve debido a que no cumplen con las recomendaciones que se encuentran en la bibliografía en general y con el reglamento CIRSOC 2001 en particular.

Es de importancia considerar que el diseño de las estructuras y la especificación del hormigón y sus materiales componentes deben tener en cuenta las acciones del medio ambiente, los procesos de degradación de los materiales a utilizar y la vida útil en servicio requerida por el comitente, por lo que el primer paso es evaluar la agresividad a que estarán expuestas las piezas y las medidas protectoras a incluir en el Proyecto o Diseño Estructural.

Los pilares, vigas y slats deben reunir condiciones especiales referidas a resistencia a la compresión, requisitos de durabilidad y terminación superficial ya presentadas y contempladas en el reglamento CIRSOC 201-2005:

- Razón agua/cemento en masa no mayor a 0.40
- Clase mínima de hormigón: H-40
- Es recomendable la utilización de aditivos fluidificante y/o superfluidificante
- El asentamiento no debe ser mayor a 100 mm.
- Los agregados gruesos deben ser de un tamaño máximo menor a 25mm, no superando nunca 1/3 del menor espesor del elemento estructural. El desgaste “Los Ángeles” debe ser menor al 30 %.
- Por estar la estructura en contacto con un medio agresivo, el período mínimo de curado, se debe incrementar como mínimo en 3 días, cualquiera sea el tipo de cemento utilizado.
- La velocidad de succión capilar debe ser menor a  $4 \text{ gr/m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$
- El coeficiente de permeabilidad al aire [kT] (Norma Suiza SIA 262/1-E, 2003) debería ser de clase PK1, o sea permeabilidad al aire muy baja.
- Es preferible utilizar cemento moderadamente resistente a los sulfatos o cemento normal más adiciones activas que son capaces de refinar la estructura de poros e incrementar la tortuosidad de los capilares para obtener estructuras más compactas.
- Otro aspecto a tener en cuenta es la terminación superficial que no debe resultar abrasiva para las patas de los cerdos. Es importante que no existan rebabas en las ranuras que puedan lastimar las patas o impedir el libre paso de los excrementos, favoreciendo su eliminación y minimizando su acción agresiva. Es necesario cumplir con este requisito en los pisos destinados a salas de gestación ya que inevitablemente las madres sufrirán problemas en las patas si los pisos no tienen la terminación adecuada.
- Cuando se diseña una estructura de este tipo, la elección de la resistencia a compresión del hormigón, debe considerar además las condiciones por durabilidad. En el caso de los slats se deberá contemplar las solicitaciones por esfuerzos provenientes de una carga dinámica que se transmite a través de las patas de los cerdos y la abrasión que las mismas producen.
- Se recomienda tener una buena compacidad del hormigón, y esto se logra en base a una buena dosificación de los materiales que componen el hormigón y con un buen sistema de compactación. Cuando se cumple con esta condición se está colaborando con el cumplimiento de los requisitos mencionados. En un hormigón bien compacto no penetran líquidos que puedan afectar a las armaduras.
- El diseño y producción de elementos premoldeados debe realizarse con profesionales habilitados para tal función, considerando que ello involucra conocimientos, habilidades y aptitud para el control de calidad ya sea en la etapa de diseño, producción en fábrica, ejecución en obra, mantenimiento, reparación, reparación o sustitución.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Aitcin, P. (2008), *Concreto de alto desempeño*, San José de Costa Rica, 1° Edición; capítulo 17; p. 499-547.
- CIRSOC 2001; (2005), *Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón*, Buenos Aires Argentina, 1° Edición, capítulo 2; pp 19-40, capítulo 5 ; p 108.
- Fernández Luco, L. (2001). La durabilidad del hormigón: su relación con la estructura de poros y los mecanismos de transporte de fluidos. En *Durabilidad del hormigón estructural*, Autoeditor, La Plata, Provincia de Buenos Aires.
- International Atomic Energy Agency, VIENNA, 2002. *Guidebook on non-destructive testing of concrete structures*. Chapter 11. p. 100 - 128.
- Millares, P. (2011). “*Manejo de efluentes*”, Fericerdo 2011. EEA Marcos Juarez
- Norma Suiza SIA 262/1-E, 2003, “*Construction en béton – Spécifications complémentaires*”, *Annexe E: Perméabilité à l'air dans les Structures*, pp. 30-31.
- Positieri, M; Raggiotti, B; Parola, P; Rautenberg, D; Romero, A. (2012) “*Influencia de las adiciones activas en la durabilidad del hormigón. El cómo y por qué*”. Simposio Internacional de Concretos Especiais. Fortaleza, Brasil; 29 al 31 de marzo 2012. CD.