

## **INFLUENCIA DEL NITRATO PRESENTE EN EL AGUA DE MEZCLADO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO**

*ANA C. VELEZMORO CAPALDO, HENRY A. BLANCO, CESAR PEÑUELA*

Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Central de Venezuela. e-mail: ana\_velezmoro@hotmail.com

Recibido: mayo 2013

Recibido en forma final revisado: noviembre 2013

### **RESUMEN**

La elaboración de concreto con agua de mezclado no potable ha sido estudiada en varios países, concluyendo que es posible obtener concreto de buena calidad, inclusive cuando se utiliza agua residual tratada. En Venezuela, los resultados cuando se utilizó agua residual tratada no fueron los esperados, ya que la resistencia a compresión entre las mezclas no cumplió con la norma venezolana, que establece una diferencia máxima del 10%. Al comparar los parámetros de calidad del agua en los distintos trabajos, se detectó que el nitrato era el constituyente diferente que contenía el agua de mezclado, razón por la cual se planteó verificar si el comportamiento del concreto se modifica por su presencia. Para ello se agregó nitrato de potasio al agua potable, reproduciendo la cantidad de nitrato presente en el agua residual tratada. A las dos mezclas de concreto, les fueron realizados ensayos tipo para caracterizar sus propiedades físicas: tiempo de fraguado, absorción, erosión, peso unitario, ultrasonido y resistencia a la compresión. Se concluye que la única propiedad del concreto que se modifica por la presencia de nitrato y/o potasio en el agua de mezclado, es la resistencia a la compresión, con una diferencia del 15%; posiblemente por efecto de decalcificación debido al fenómeno de lixiviación por la presencia del nitrato. La trabajabilidad, durabilidad y homogeneidad del concreto no presentaron diferencias relevantes, por lo que se recomienda realizar ajustes en el diseño de mezcla cuando se esté en presencia de nitrato y potasio en el agua de mezclado en concentraciones superiores a 10 y 18 mg/l respectivamente, para asegurar la resistencia a la compresión deseada en el concreto.

*Palabras clave:* Agua de mezclado, Nitrato, Lixiviación del concreto, Propiedades físicas del concreto, Resistencia a compresión.

## **INFLUENCE OF NITRATE PRESENT IN THE WATER MIXING IN THE PHYSICAL PROPERTIES OF CONCRETE**

### **ABSTRACT**

The development of concrete with no potable mixing water has been studied in several countries, concluding that it is possible to obtain good quality concrete, even when using treated wastewater. In Venezuela, the results when treated wastewater was used were not expected, since the compressive strength between mixtures did not follow the Venezuelan standard, which sets a maximum difference of 10%. By comparing the water quality parameters in the different studies, it was found that nitrate was the different constituent containing the mixing water, which is why it was proposed to verify the behavior of concrete is modified by its presence. To this aim, potassium nitrate was added to drinking water to equalize the amount of nitrates in the treated wastewater. At two concrete mixtures were made with type tests to characterize their physical properties: setting time, absorption, erosion, weighing, ultrasound and compressive strength. We conclude that the only property of the concrete that is modified by the presence of nitrate and / or potassium in the mixing water is the resistance to compression, with a difference of 15%, possibly as the result of the decalcification due to the phenomenon of leaching. The workability, durability and homogeneity of concrete showed no significant differences. Therefore it is suggested to adjust the mix design when the presence of nitrate and potassium in the mixing water in concentrations is greater than 10 and 18 mg/l respectively, to ensure the desired resistance to compression of concrete.

*Keywords:* Mixing water, Nitrate, Concrete leaching, Physical properties of concrete, Compression strength.

## INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua, especialmente para la producción de agua potable, cada vez más se convierte en un insumo escaso, siendo necesario su mejor aprovechamiento y uso racional. Por esta razón en muchos países se están buscando alternativas para el reuso de las aguas residuales tratadas, como una manera de aprovechamiento del recurso agua.

Uno de los sectores que consume una apreciable cantidad de agua potable, es el de la construcción, específicamente en la elaboración de concreto, ya que por metro cúbico fabricado se necesitan aproximadamente 165 litros de agua. En algunas normas internacionales se ha considerado el uso de agua no potable para la elaboración de concreto, incluyendo el agua residual tratada, a pesar de ser un área muy delicada, ya que el concreto debe tener unas propiedades y características específicas para que se pueda utilizar en las distintas estructuras de manera segura y efectiva (Vázquez *et al.* 2001).

Existen trabajos de investigación sobre esta temática realizados en varios países, tales como Kuwait (Al-Ghusain & Terro, 2003), Pakistán (Haque, 2005), México (Vázquez *et al.* 2001) y Brasil (Melo, 2008); los cuales demuestran que es posible obtener concreto de buena calidad utilizando para su elaboración agua residual en lugar de agua potable, inclusive casos en los cuales las resistencias fueron superiores a las obtenidas en las mezclas realizadas con agua potable.

Recientemente en Venezuela, Dieguez (2011) estudió el comportamiento de la mezcla de concreto elaborada con agua residual municipal tratada para ver la factibilidad de utilizar estas aguas en la fabricación del concreto. Se utilizó agua residual tratada proveniente de una planta de tratamiento de lodos activados y agua potable, dando como resultado una diferencia de la resistencia a la compresión entre las dos mezclas de concreto del 19%, superior al 10% establecido en la norma COVENIN 2385:2000 “Concreto y mortero. Agua de mezclado. Requisitos”. Siendo así, esta agua no podría considerarse adecuada para la preparación de concreto, a pesar de que cumplía con la calidad del agua regulada en las diferentes normas para ser usada como agua de mezclado en la realización del concreto. Al comparar los parámetros de calidad de las aguas utilizadas en los diferentes estudios, se detectó variabilidad de algunos componentes presentes, siendo el nitrato el de mayor concentración y discrepancia.

En vista de lo anterior, el propósito planteado en una nueva investigación fue comprobar si el nitrato es un componente que altera las características físicas y mecánicas del

concreto (Velezmoro, 2013).

Aunque el nitrato no es uno de los constituyentes más significativos presentes en el agua y quizá esa sea la razón por la cual ha sido poco investigado en su influencia sobre la afectación en el comportamiento del concreto, en la literatura se considera que aún en pequeñas cantidades, su sola presencia es suficiente para combinarse con algunos compuestos cálcicos del cemento, dando lugar a procesos de lixiviación (Zanni, 2008). El objeto de este trabajo es presentar la influencia del nitrato presente en el agua de mezclado en las propiedades físicas del concreto.

## MÉTODO

El método utilizado en este trabajo comprende un conjunto de ensayos y actividades complementarias para el análisis de la mezcla patrón, elaborada con agua potable, y la realizada con nitrato en el agua de mezclado, dirigidos a caracterizar las propiedades físicas del concreto.

Una de las primeras actividades comprendió la caracterización del agua de mezclado, después de añadido el nitrato de potasio ( $KNO_3$ ) al agua potable (18 g), para reproducir las concentraciones de este compuesto obtenidas en el agua residual tratada del trabajo de Dieguez (2011) (11,5 mg  $NO_3$ -N/l). Los parámetros de calidad del agua fueron realizados siguiendo los métodos estándares establecidos por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA-AWWA-WEF, 2000.

Se realizaron veinte (20) cilindros y dos (2) vigas de 30 x 10 x 10 cm con cada tipo de mezcla, siguiendo el procedimiento que establece la Norma Venezolana COVENIN 338:2002 “Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”, con un diseño de mezcla para una resistencia a compresión de 300 kgf/cm<sup>2</sup>. Con la finalidad de describir el comportamiento físico del concreto y establecer comparaciones entre las mezclas utilizadas, se realizaron ensayos de tiempo de fraguado, durabilidad, homogeneidad y resistencia a compresión. Adicionalmente se realizaron ensayos a los agregados, para verificar su idoneidad. La mayoría de los ensayos estuvieron basados en las normas COVENIN presentadas en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Normas y métodos de los ensayos realizados

	Ensayo	Norma o Método
Agregados	Granulometría	COVENIN 255:1998
	Pesos unitarios	COVENIN 263:1978
	Densidad y absorción	COVENIN 268:1998
	Densidad y absorción del agregado grueso	COVENIN 269:1998
Concreto	Absorción	Rodríguez & Simonpietri, 2002
	Erosión	
	Velocidad pulso ultrasónico	COVENIN 1975:1983
	Peso Unitario	
	Asentamiento	COVENIN 339:1994
	Resistencia a Compresión	COVENIN 338:2002
	Tiempo de Fraguado	COVENIN 493:1992

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características de los agregados

La relación entre agregados ( $\beta$ ) de 45%, satisface los requisitos establecidos en la norma COVENIN 277:2000 “Concreto. Agregados. Requisitos”, haciendo este material continuo y aceptable para producir un concreto de buena calidad. El mayor peso retenido para el agregado grueso (37,8%) se obtuvo en el tamiz de 3/8” y su tamaño máximo nominal fue de 3/4”. Este tamaño permitirá que los esfuerzos de adherencia debido al aumento de la superficie específica de las partículas sean bajos, por lo que se necesitará mayor cantidad de cemento para obtener la resistencia deseada. En la Tabla 2 se observa que los resultados de peso unitario, absorción y peso específico de los agregados utilizados se encuentran dentro de los valores recomendados en la norma, siendo idóneos para la elaboración de concreto.

**Tabla 2.** Características de los agregados utilizados en las mezclas de concreto

	Grueso	Fino	Límites *	
			Grueso	Fino
<b>Peso unitario suelto (kgf/l)</b>	1,47	1,60	1,4-1,5	1,5-1,6
<b>Peso unitario compactado (kgf/l)</b>	1,50	1,80	1,5-1,7	1,6-1,9
<b>Peso Específico (kgf/l)</b>	2,59	2,64	2,5-2,7	
<b>Absorción (%)</b>	1,08	1,17	< 5	

\* Normas y métodos Tabla 1

### Agua de mezclado utilizada para la realización de concreto

Como se puede observar en la Tabla 3, los parámetros del agua potable y el agua potable con nitrato de potasio se mantuvieron iguales, con excepción del nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) que pasó de 0,3 mg/l a 12,1 mg/l y el potasio ( $\text{K}^+$ ) de 9 mg/l a 18 mg/l. Como era de esperarse los sólidos disueltos aumentaron y por ende los sólidos totales, así como la conductividad específica, todo ello consecuencia de la sal añadida ( $\text{KNO}_3$ ). Estos resultados permiten afirmar que la diferencia entre ambas aguas de mezclado es solo la concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$ . Asimismo resulta importante destacar que los parámetros en ambos casos cumplen con la normativa nacional e internacional (COVENIN 2385:2000, ASTM C-94/C, NM 137:97, NTC 3459, EN-1008) para el agua de mezclado.

**Tabla 3.** Caracterización del agua de mezclado

Parámetro \ Agua	Potable	Potable + $\text{KNO}_3$	Normas*
Turbiedad (UNT)	3	3	-
Conductividad Específica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	302	341	-
Oxígeno Disuelto (mg/l)	7,1	7,2	-
pH	7,2	7,2	5-9
Alcalinidad a pH 4,5 (mg $\text{CaCO}_3/\text{l}$ )	80	76	-
Cloruros (mg/l)	20	19	400-500
Sulfatos (mg/l)	39	37	2000-3000
Nitrato (mg N/l)	0,3	12,1	500
Calcio (mg/l)	26	27	-
Magnesio (mg/l)	13	13	-
Sodio (mg/l)	12	12	-
Potasio (mg/l)	9	18	-
Hierro (mg/l)	Inap	Inap	-
Manganeso (mg/l)	Inap	Inap	-
Boro (mg/l)	Inap	Inap	-
Cinc (mg/l)	Inap	Inap	-
Cobre (mg/l)	Inap	Inap	-
Plomo (mg/l)	Inap	Inap	-
Aluminio (mg/l)	Inap	Inap	-
Sólidos Totales (mg/l)	194	228	5000
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	192	224	2000-5000
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	2	4	-
Cloro libre (ml/l)	0,09	N/D	-
Cloro total (mg/l)	0,31	N/D	-

Inap: Inapreciable; N/D: No Determinado;

\*(COVENIN 2385-2000, ASTM C-94/C, NM 137:97, NTC 3459, EN-1008)

### Tiempo de fraguado de la pasta de cemento

Las Figuras 1 y 2 presentan el desarrollo del tiempo de fraguado de las pastas de cemento realizadas con agua potable y con nitrato en el agua de mezclado respectivamente y cemento Portland tipo III. Los resultados permiten afirmar que aún cuando hubo un efecto acelerador de fraguado en la mezcla con nitrato en el agua, su variación con respecto a la pasta realizada con agua potable no es relevante, siendo la diferencia del fraguado inicial y final de 5 y 15 minutos respectivamente.

Es posible asociar esta disminución en el tiempo de fraguado de la pasta, elaborada con el agua a la cual se le añadió nitrato de potasio, con la formación de carbonato de potasio, ya que puede provocar una cristalización rápida de silicatos y aluminatos cálcicos en la pasta del cemento hidratada (Blanco, 2011).

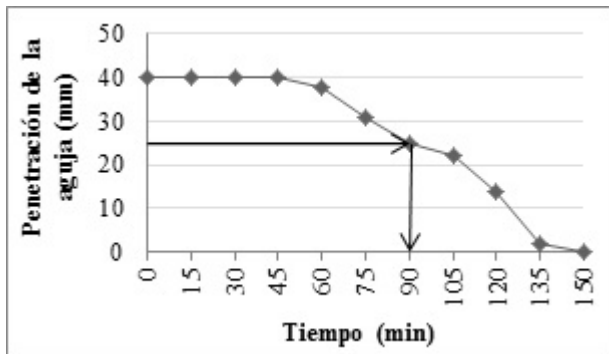


Figura 1. Tiempo de fraguado de la pasta de cemento realizada con agua potable

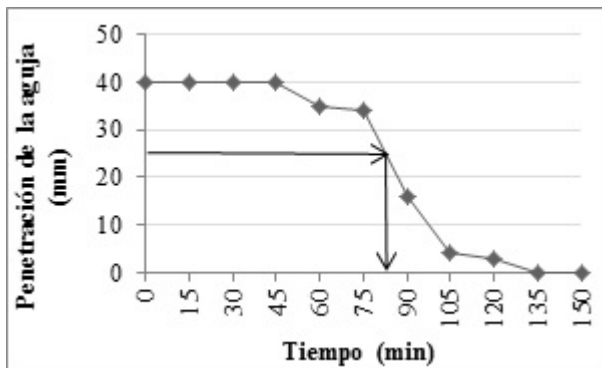


Figura 2. Tiempo de fraguado de la pasta de cemento realizada con nitrato en el agua de mezclado

### Concreto fresco y endurecido

El ensayo del cono de Abrams, realizado al concreto fresco, resultó en un asentamiento de 8 cm, tal como se estableció en el diseño de mezcla, con lo cual se tiene que el nitrato y potasio no afectan la trabajabilidad de la mezcla de concreto.

En la Tabla 4 se muestra los resultados de los ensayos de absorción, erosión, velocidad de pulso ultrasónico y peso unitario. En términos de durabilidad y homogeneidad se puede concluir que no existen diferencias relevantes entre las mezclas, ya que en todos los ensayos hay cumplimiento con las normas y criterios establecidos para el concreto, por lo cual se puede afirmar que el nitrato ni el potasio afectan o modifican las propiedades asociadas con la estructura y conformación del concreto.

Tabla 4. Propiedades del concreto endurecido

	Absorción (%)	Erosión (%)	Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )
Potable	4,37	0,26	3951	2287
Potable + KNO <sub>3</sub>	4,45	0,27	3877	2289

Como se puede observar en la Figura 3, la diferencia porcentual de la resistencia a compresión entre ambas mezclas se mantuvo en 15% aproximadamente para las distintas edades. Sin embargo, la norma COVENIN 2385:2000 “Concreto y mortero. Agua de mezclado. Requisitos” sólo admite hasta un 10% de diferencia en la resistencia a compresión a los 28 días, cuando se utiliza agua diferente a la potable. Esta discrepancia en la resistencia, puede ser atribuida al potasio y/o nitrato, ya que son los únicos constituyentes que difieren en las dos aguas de mezclado utilizadas para la preparación de concreto con cemento Portland tipo III.

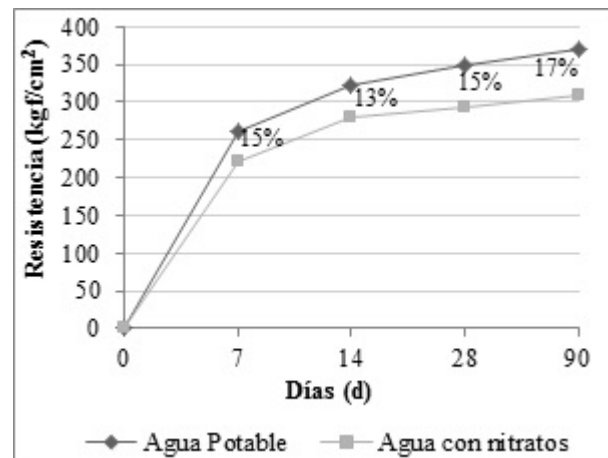


Figura 3. Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto preparado con agua potable y agua con nitrato

Si bien es cierto que es muy difícil comprobar la formación de otros compuestos a partir de la presencia de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y K<sup>+</sup> en el agua de mezclado, especialmente por las complicadas reacciones de hidratación que sucede con el cemento

Portland tipo III, se ha pretendido explicar esta pérdida del 15% de la resistencia a compresión entre el agua con nitrato y potasio, y la potable, haciendo uso de la poca información registrada en la literatura.

En el caso del potasio, en forma de hidróxido de potasio, se le atribuye la disminución de la resistencia en el concreto en una concentración que debe superar el 1,2% del peso del cemento. Cuando se hacen combinaciones hipotéticas que supone que todo el potasio se convierte en hidróxido, se tiene que su porcentaje en peso, es mucho menor que ese 1,2% establecido en la literatura. Otro de los compuestos de potasio asociados con la disminución de la resistencia es el óxido de potasio, pero con un comportamiento en el largo plazo que no es posible medir con las pruebas realizadas en este trabajo. Adicionalmente, es importante mencionar que en trabajos anteriores, como el de México (Vázquez *et al.* 2001), cuando se usó agua residual tratada proveniente de Azcapotzalco, la concentración de potasio en el agua de mezcla era de 19 mg/l, similar a la obtenida en este trabajo (18 mg/l), y sin embargo la resistencia a la compresión se incrementó en 7% a los 28 días para una resistencia de 300 kgf/cm<sup>2</sup>.

En el caso del nitrato, uno de los procesos que podría ocurrir es la expansión de sales solubles de nitrato, generando una criptoflorescencia, aunque muy incipiente, ya que en los ensayos de ultrasonido no se evidencia fractura ni disgregación del concreto. Resulta más probable que se produzca una lixiviación que conduce a la pérdida de capacidad aglutinante por parte de los ligantes del mortero, específicamente en la posible combinación del nitrato con el calcio. Este proceso podría remover suficiente calcio, en la hidratación de los silicatos del cemento, reduciendo así la resistencia del concreto. Si bien es cierto que la concentración de nitrato pareciera no ser apreciable para que ocurra una lixiviación, también lo es que en la literatura se establece que este fenómeno sólo requiere pequeñas cantidades de nitrato para combinarse con los compuestos cálcicos del cemento. (Zanni, 2008).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los ensayos realizados a los agregados permiten calificarlos como adecuados para la mezcla de concreto, con una relación  $\beta$  de 45% que los hace continuo y aceptable, descartando así que desfavorezcan las propiedades del concreto.
- La calidad del agua de mezclado en ambos casos (agua potable y agua con nitrato de potasio) cumple con los límites máximos establecidos en las normas nacionales

e internacionales del agua que se utiliza para la elaboración de mezclas de concreto.

- Las diferencias obtenidas en los tiempos de fraguados inicial y final entre las dos mezclas fueron 5 y 15 minutos respectivamente.
- El tiempo de fraguado inicial y final se aceleró en la pasta de cemento preparada con el agua con nitrato de potasio con respecto a la elaborada con agua potable, atribuido al potasio, posiblemente por la formación de carbonato de potasio.
- La presencia de nitrato y potasio en el agua de mezclado en concentraciones de 12 y 18 mg/l respectivamente, no afecta la trabajabilidad de la mezcla de concreto.
- La presencia de nitrato y potasio en el agua de mezclado en concentraciones de 12 y 18 mg/l respectivamente, no afecta la permeabilidad del concreto ni su durabilidad en términos de desgaste.
- Los resultados obtenidos en los ensayos de ultrasonido y peso unitario permiten ratificar que la presencia de nitrato y potasio en el agua de mezclado no producen diferencias relevantes en su homogeneidad en comparación de las mezclas con agua potable.
- El 15% de diferencia de la resistencia a compresión entre las dos mezclas de concreto es superior al 10% establecido en la norma COVENIN 2385:2000 “Concreto y mortero. Agua de mezclado. Requisitos”.
- La disminución en la resistencia a la compresión, debe ser atribuida al potasio y/o nitrato, ya que son los únicos constituyentes que difieren en las dos aguas de mezclado utilizadas.
- La presencia de nitrato y/o potasio en el concreto modifica únicamente la propiedad de resistencia a la compresión, no así la trabajabilidad, durabilidad y homogeneidad.
- La lixiviación es uno de los mecanismos que puede explicar la disminución de la resistencia a la compresión por la presencia de nitrato y su efecto de descalcificación al combinarse con los compuestos cálcicos del cemento.
- Se recomienda realizar ajustes en el diseño de mezcla cuando se esté en presencia de nitrato y potasio en el agua de mezclado en concentraciones superiores a 10 y 18 mg/l, respectivamente.



## REFERENCIAS

- AL-GHUSAIN, I & TERRO, M (2003). Use of treated wastewater for concrete mixing in Kuwait. Recuperado el 09 de febrero de 2012, de [http://pubcouncil.kuniv.edu.kw/kjse/english/wordfile/Volume\\_30\\_2003/v29-n1-2003/use.pdf](http://pubcouncil.kuniv.edu.kw/kjse/english/wordfile/Volume_30_2003/v29-n1-2003/use.pdf)
- ASTM C94/C (2013). Standard Specification for Ready-Mixed Concrete. ASTM International. 130pp.
- APHA-AWWA-EWF. (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. Edición 20. 1496pp.
- BLANCO, F (2011). Materiales de construcción. Recuperado el 02 de diciembre de 2012, de <http://www6.uniovie.es/usr/fblanco/Tema8.Materiales.Construccion.Hormigon.pdf>
- COVENIN. (1978). Método de ensayo para la determinación del peso unitario del agregado. COVENIN 263:1978. Comisión Venezolana de Normas Industriales. FONDONORMA, Caracas, 6pp.
- COVENIN. (1983). Métodos de ensayo para determinar el peso unitario del concreto estructural liviano. COVENIN 1973:1983. Comisión Venezolana de Normas Industriales. FONDONORMA, Caracas, 6pp.
- COVENIN. (1992). Cemento Portland. Determinación del tiempo de fraguado por la aguja de Vicat. COVENIN 493:1992. Comisión Venezolana de Normas Industriales. FONDONORMA, Caracas, 7pp.
- COVENIN. (1998). Agregados. Determinación de la composición granulométrica. COVENIN 255:1998. Comisión Venezolana de Normas Industriales. FONDONORMA, Caracas, 7pp.
- COVENIN. (1998). Agregado fino. Determinación de la densidad y absorción. COVENIN 268-1998. Comisión Venezolana de Normas Industriales. FONDONORMA, Caracas, 10pp.
- COVENIN. (1998). Agregado grueso. Determinación de la densidad y absorción. COVENIN 269-1998. Comisión Venezolana de Normas Industriales. FONDONORMA, Caracas, 10pp.
- COVENIN. (2000). Concreto. Agregados. Requisitos. COVENIN 277-2000. Comisión Venezolana de Normas Industriales. FONDONORMA, Caracas, 9pp.
- COVENIN. (2000). Concreto y mortero. Agua de mezclado. Requisitos. COVENIN 2385-2000. Comisión Venezolana de Normas Industriales. FONDONORMA, Caracas, 3pp.
- COVENIN. (2002). Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto. COVENIN 338-2002. Comisión Venezolana de Normas Industriales. FONDONORMA, Caracas, 6pp.
- COVENIN. (2003). Concreto. Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams (2da Revisión). COVENIN 339:2003. Comisión Venezolana de Normas Industriales. FONDONORMA, Caracas, 3pp.
- DIEGUEZ, V. (2011). Propiedades físicas del concreto elaborado con agua residual tratada. Trabajo Especial de Grado no publicado, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- HAQUE, I. (2005). Use of Municipal Wastewater for Plain Cement Concrete Constructions. Institute of Environmental Science & Engineering, National University of Sciences & Technology. Pakistan.
- EN STANDARDS. (2002). Mixing water for concrete. Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete. EN 1008:2002. European Standards.
- MELO, J. (2008). Uso del Sistema de las aguas residuales tratadas, Lagunas de Estabilización para agua de amasado y curado de concreto. Recuperado el 20 de febrero de 2012, de [http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/title/utiliza%C3%A7%C3%A3o-esgoto-tratado-em-sistema-lagoas-estabiliza%C3%A7%C3%A3o-como-agua-amassamento/id/37330867.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/utiliza%C3%A7%C3%A3o-esgoto-tratado-em-sistema-lagoas-estabiliza%C3%A7%C3%A3o-como-agua-amassamento/id/37330867.html)
- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. (2001). Agua para la elaboración de concreto. NTC-3459. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Bogotá, 6pp
- NORMA MERCOSUR. (1997). Morteros y hormigón-Agua para el mezclado y curado de mortero y hormigón de cemento portland. NM 137:97. 8pp.
- RODRÍGUEZ, L. & SIMONPIETRI, M (2002). Diseño de Mezcla para su Uso en la Elaboración de Bloques Aligerados de Suelo-Cemento. (Trabajo Especial de Grado).

Universidad Central de Venezuela, Caracas.

VÁZQUEZ A. E INGENIEROS GONZÁLEZ, F., ROCHA, L., FLORES, J. (2001). Elaboración de concretos con Agua Tratadas. Recuperado el 05 de febrero de 2012, de <http://www.imcyc.com/revista/2001/abril2001/concretos.htm>

VELEZMORO, A. (2013). Propiedades físicas del concreto en presencia de nitratos. Trabajo Especial de Grado no publicado, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

ZANNI, E. (2008). Patología de la construcción y restauro de obras de arquitectura. Recuperado el 20 de diciembre de 2012, de [http://books.google.co.ve/books?id=5wbqw8YGIC4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.co.ve/books?id=5wbqw8YGIC4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)