

Edición Digital Nro. 1
Noviembre 2020

REVISTA INDUSTRIAL 4.0

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Ing. Martin Mayori Machicado	RECTOR a.i.
Ing. Felix Manzaneda Delgado	VICERRECTOR a.i.
Ing. Alberto Arce Tejada	SECRETARIO GENERAL
Ing. Freddy Gutierrez Barea	DECANO INGENIERÍA a.i.
Ing. Marcos Montesinos Montesinos	VICE DECANO INGENIERÍA a.i.
Ing. Franz Zenteno Benitez	DIRECTOR INGENIERÍA INDUSTRIAL

REVISTA INDUSTRIAL 4.0
EDICIÓN DIGITAL Nº 1 NOVIEMBRE 2020

COMITE EDITOR

Ing. Monica Lino
Ing. Mario Zenteno Benitez
Ing. Oswaldo Terán Modregon

DISEÑO VERSIÓN IMPRESA & WEB

Ing. Enrique Orosco Crespo

WEB

<http://industrial.umsa.bo/revista-industrial-4.0>

EMAIL

revistaindustrial4.0@umsa.bo

DIRECCION CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Av. Mcal. Santa Cruz Nº 1175 Plaza Obelisco
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería
industrial.umsa.bo
ingeindustrial@umsa.bo
ingeindustrialumsa@gmail.com

TELEFONOS

2205000 - 2205067 int. 1402

La Paz - Bolivia

CALIDAD Y TOMA DE MUESTRA DEL AGUA PARA SU RESPECTIVO ANÁLISIS EN LABORATORIO PARA EL CONCRETO

EFRAIN SANTALLA ALEJO, ORCID: 0000-0002-8934-4859
Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés
esantalla@umsa.bo

Recibido: 30 de julio de 2020; Aprobado: 21 de septiembre de 2020

RESUMEN

Este trabajo presenta la participación del agua en el hormigón, así como el procedimiento que se debe realizar para la toma de muestra, para su análisis químico, esto a fin de garantizar la calidad del agua, ya que participa de diferentes maneras en la obtención de un hormigón. Entonces se mostrará la importancia del agua y su incidencia en la elaboración de mezclas de hormigón, mostrando los requisitos que deben cumplir, y el modo correcto de realizar la toma de muestras de diferentes tipos de fuentes.

PALABRAS CLAVES

ACI: Instituto Americano de Hormigón

Agua, sustancia compuesta por elementos químicos de hidrógeno y oxígeno y que existe en estado gaseoso, líquido y sólido.

Durabilidad: se define como la capacidad de un material para permanecer en servicio en el entorno durante la vida útil sin daños o mantenimiento inesperado.

Revenimiento: Este método de prueba comprende la determinación del revenimiento en el concreto elaborado con cemento hidráulico, tanto en laboratorio como en campo.

Peso Unitario, n – peso (masa) entre volumen unitario (termino desaprobado – el termino preferido en uso es densidad en masa)

ABSTRACT

This work presents the participation of water in concrete, as well as the procedure that must be carried out for the sampling, for its chemical analysis, this in order to guarantee water quality, since it participates in different ways in obtaining a concrete. Then the importance of water and its impact on the preparation of concrete mixtures

will be shown, showing the requirements that must be met, and the correct way of sampling different types of sources.

KEYWORDS:

ACI: *American Concrete Institute,*

Water: *una sustancia compuesta de los elementos químicos hidrógeno y oxígeno y que existe en estado gaseoso, líquido y sólido.*

Durability: *La durabilidad se define como la capacidad de un material para permanecer en servicio en el entorno durante la vida útil sin daños o mantenimiento inesperado*

slump: *This test method covers determination of slump of hydraulic-cement concrete, both in the laboratory and in the field.*

unit weight, n —weight (mass) per unit volume. *(Deprecated term—used preferred term bulk density.)*

1. EL AGUA EN EL HORMIGÓN

Cuando se piensa en el uso del agua en el hormigón, por lo general se lo toma en cuenta como agua de mezclado y para humedecer los elementos cuando ya ha endurecido. El agua es un recurso natural, que participa en el hormigón, en los siguientes aspectos:

- En el lavado del agregado, para reducir las impurezas que contiene el árido, mejorando la adherencia con la pasta de cemento, evitando la presencia de elementos que podrían afectar la durabilidad del hormigón. Un árido sucio puede producir la reducción de la resistencia a compresión del hormigón, este efecto por lo general lo produce la arena.
- En el proceso de mezclado con el cemento, el agua produce la reacción generando el calor de hidratación, posteriormente va cubriendo las partículas del árido, a fin de dar trabajabilidad al hormigón fresco.
- En el proceso de curado, el agua la hidratación del cemento, después de completado el proceso de fraguado al inicio del endurecimiento. En obra lo que se hace constantemente es humedecer con baldes o manguera al elemento estructural.

2. CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA Y SUPERVISIÓN

Requisitos

El supervisor debe de controlar que el agua cumpla con la CBH – 87, tanto para el amasado como para el curado del hormigón, debe ser limpia y deberán rechazarse las que no cumplan una o varias de las siguientes condiciones:

Tabla 1 – Valores límite de parámetros del agua CBH 87

Ensayo	Límite
Exponente de hidrógeno pH (Determinando según N.B./UNE 7234)	≥ 5
Sustancias disueltas (Determinadas según N.B./UNE 7130)	≤ 15 g/L
Sulfatos, expresados en SO₄ (Determinados según N.B./UNE 7131)	≤ 1 g/L
Ion cloro Cl (Determinado según N.B./UNE 7178)	≤ 6 g/L
Hidratos de carbono (Determinados según N.B./UNE 7132)	0
Sustancias orgánicas solubles en éter (Determinados según N.B./UNE 7235)	≤ 15 g/L

Fuente: CBH 87

La toma de muestra para estos ensayos, se hará según N.B./UNE 7236.

La temperatura del agua para la realización de la mezcla de hormigón será superior a los 5°C.

A continuación, se mostrará las condiciones del análisis de agua según UNE, haciendo notar la diferencia del contenido del ion cloro es menor a la que indica el código CBH - 87.

Tabla 2 – Valores límite según UNE

Límite del Ensayo	Riesgos que se corren si no se cumple con el límite	Observaciones
<i>pH</i> Mínimo: 5	<ul style="list-style-type: none"> - Alteraciones en el fraguado y endurecimiento. - Disminución de resistencias y de durabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - La norma soviética admite un pH = 4. - Con cemento aluminoso no deben usarse aguas con pH > 8.
<i>Sustancias disueltas totales</i> Máximo: 15 g / L	<ul style="list-style-type: none"> - Aparición de eflorescencia u otro tipo de manchas. - Perdidas de resistencias mecánicas. - Fenómenos expansivos a largo plazo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Por sustancias disueltas se entiende el residuo salino seco que se obtiene por evaporación del agua. - En zonas sujetas a fluctuaciones de nivel de agua, conviene rebajar el limite a 5 g/L.
<i>Contenidos en sulfatos, expresado en ion SO₄</i> Máximo: 1 g / L	<ul style="list-style-type: none"> - Alteraciones en el fraguado y endurecimiento. - Perdidas de resistencia. - Puede resultar gravemente afectada la durabilidad del hormigón. 	<ul style="list-style-type: none"> - Con cemento SR puede llegarse a 5 g / L. - La norma soviética admite hasta 2.7 g / L con portland normal y con SR de 10 g / L - Atención al contenido en sulfatos del cemento y los áridos, cuando se está cerca del límite.
<i>Contenido en ion cloro</i> Máximo: 3 g / L	<ul style="list-style-type: none"> - Corrosión de armaduras u otros elementos metálicos. - Otras alteraciones del hormigón. 	<ul style="list-style-type: none"> - Para hormigones en masa puede elevarse el límite de 3 a 4 veces. - Para hormigón pretensado debe rebajarse el limite a 1 g/L.
<i>Hidratos de carbono</i> 0	<ul style="list-style-type: none"> - El hormigón no fragua. 	<ul style="list-style-type: none"> - La sacarosa, glucosa y sustancias análogas alteran profundamente el mecanismo de fraguado de los cementos.

	- Otras alteraciones en el fraguado y endurecimiento.	
<p>Sustancias orgánicas solubles al éter</p> <p>Máximo: 15 g / L</p>	<p>- Graves alteraciones en el fraguado y /o endurecimiento.</p> <p>- Fuertes caídas de resistencia.</p>	<p>- El ensayo pone de manifiesto la presencia de aceites y grasas de cualquier origen, humus y otras sustancias orgánicas vegetales, que muestran una interacción con la cal liberada del cemento.</p> <p>- Atención a la materia orgánica de la arena, cuando se está cerca del límite.</p>

Fuente: (Jiménez Montoya)

Especificaciones y ensayos

Son las indicadas en el CBH – 87, pero es mejor tomar en cuenta al UNE ya que es normativa más actualizada. Cuando no se posean antecedentes de su utilización en obras de hormigón, o en caso de duda, se realizarán los ensayos citados en el mismo documento.

Criterios de aceptación o rechazo

El incumplimiento de las especificaciones será razón suficiente para considerar el agua como no apta para amasar hormigón, salvo justificación técnica documentada de que no perjudica apreciablemente las propiedades exigibles al mismo, ni a corto ni a largo plazo.

3. ENSAYO DEL AGUA PARA EL HORMIGÓN

Para la elaboración de hormigón el dato que interviene en el cálculo de la dosificación es su densidad. Entonces en este apartado aparte de la obtención de éste parámetro, se mostrará también las consideraciones que se deben tomar en cuenta para la supervisión del agua para hormigones.

3.1 PESO ESPECÍFICO DEL AGUA

Normas de Referencia ASTM: C29 / C29M

Para determinar del peso específico, debe determinarse la densidad del agua, el cual está en función de la temperatura, entonces se utilizará interpolando los valores con la tabla propuesta por la ASTM: C29 / C29M, que se muestra a continuación:

Tabla 3 – Densidad del agua en función de la temperatura

Temperatura °F	Temperatura °C	Densidad kg/m ³
60	15,6	999,01
65	18,3	998,54
70	21,1	997,97
73,4	23,0	997,54
75	23,9	997,32
80	26,7	996,59
85	29,4	995,83

Fuente: ASTM: C29 / C29M

Por definición el peso específico será determinado con la relación: $Pe = \frac{\rho_{H_2O}}{\rho_0}$

Siendo “ ρ_0 ” la densidad de referencia que será 1000 kg/m³.

Puede notarse que al calcular el peso específico el valor tiende a la unidad, por tanto en los cálculos se toma directamente el valor del peso específico del agua igual a 1.

4. CRITERIOS PREVIOS PARA SELECCIÓN DE AGUAS PARA MEZCLAS DE HORMIGÓN

En zonas urbanas, el agua utilizada es el potable, ya que dicho elemento ya viene tratado, donde “agua que sea de consumo humano es agua apta para elaborar hormigones”, pero en provincia o zonas alejadas del área urbana, nadie garantiza la calidad de agua de la fuente.

Un criterio para justificar que el agua de amasado no altera perjudicialmente las propiedades de resistencia al hormigón, es realizar un ensayo comparativo de rotura a los 28 días de hormigones amasados con agua en estudio y otro grupo de probetas con agua potable de buena calidad, entonces mediante los resultados de rotura con probetas de ambas calidades de agua, la pérdida de resistencia que producen en el hormigón, apreciada mediante el ensayo comparativo no debe superar el 15%. El único riesgo son las sustancias nocivas como los cloruros que se manifiestan a largo plazo.

Existen otros criterios previos para la selección de agua para mezclas, una como los peachímetros. En muchas situaciones es muy difícil asegurar el uso de agua de algún tipo de fuente para elaborar mezclas de hormigón, lo óptimo siempre es

realizar un análisis químico del agua, donde depende mucho de la toma de muestras que se menciona anteriormente.

5. TOMA DE MUESTRA PARA REALIZAR ENSAYOS EN EL AGUA DE AMASADO

En algunas obras, no necesariamente la fuente de agua se encontrara a pie de obra, entonces existe la duda si se puede utilizar esa agua para la mezcla y curado de hormigones. Para estos casos lo mejor es tomar una muestra lo más representativa posible y llevarlo a un análisis de laboratorio. Para esto recomienda seguir los siguientes puntos.

Equipo y material para la toma de muestras

- Algodón
- Alcohol
- Cajetilla de Fosforo
- Mechero de Vidrio con alcohol
- Reloj o cronometro
- Frasco con tapa esmerilada, estéril
- Papel madera y cordel
- Marcador
- Termómetro
- Conservador

Clases de Recipientes

Para el muestreo es conveniente utilizar frascos de vidrio o poliuretano, de una capacidad de 500 ml. por lo menos, de boca ancha, que facilite el muestreo, tapa rosca, limpia y estéril.

Se debe proteger la tapa del frasco del muestreo de la contaminación exterior cubriéndolo adecuadamente con papel especial u hoja de aluminio.

Si las muestras a ser analizadas son tratadas, los frascos deberán contener un agente declorador pudiendo utilizarse 0,1 ml. de una solución al 1.8% de tiosulfato de sodio para cada 100 ml. de muestra, esta cantidad es suficiente para neutralizar concentraciones hasta 5 mg/l de cloro residual.

Para el muestreo de aguas poluidas (sucias), que se sospeche que contengan concentraciones superiores a 0,01 mg/l de metales pesados tales como el cobre, zinc, etc., adicionar al frasco de muestreo un agente quelante (secuestrante o antagonistas de metales) antes de su esterilización 0,3 ml de una solución al 15 %

de EDTA, para cada 100 ml de muestra, tanto la solución EDTA y el tiosulfato de sodio se puede colocar en forma separada o conjunta ya que no tiene una acción sobre los separadores. La concentración de tiosulfato y EDTA, no tiene efecto significativo sobre los microorganismos indicadores durante el almacenamiento de las muestras de agua ya sean estas cloradas o no.

La Norma Boliviana NB-496 indica que los frascos para el muestreo deben ser esterilizados en autoclave, a 121°C durante 20 min.

5.1 TOMA DE MUESTRA DE GRIFOS

Se debe determinar la cantidad de cloro residual que tiene la muestra.

Para el muestreo es conveniente utilizar frascos de vidrio o poliuretano, de una capacidad de 500 ml. por lo menos, de boca ancha, que facilite el muestreo, tapa rosca, limpia y estéril. El frasco para la toma de muestras deberá tener un agente decolorador (tiosulfato de sodio) en una concentración al 1,8% colocando 0,1 ml de esta solución por cada 100 ml de muestra a tomar, esta cantidad es suficiente para neutralizar hasta 5 mg/l de cloro residual. Si las cantidades son mayores se utiliza mayor cantidad del agente decolorador, entonces se usara 0,1 ml de tiosulfato de sodio preparado al 10% por cada 100 ml de muestra, para neutralizar hasta 15 mg/l de cloro residual.

Debe elegirse el primer grifo del domicilio u objeto de medición el cual se encuentre cerca al medidor. El grifo elegido debe ser el de mayor uso, y considerando que no presente fugas.

Debe desinfectarse la boca del grifo con algodón humedecido en alcohol.

Se abre el grifo y dejar chorrear agua por el lapos de dos a tres minutos, donde el chorro de agua debe reducirse a un grosor aparente a la de un lápiz.

Evitando contaminar con los dedos la boquilla del frasco, se debe flamear la boca del frasco receptor.

Recolectar la muestra proveniente del grifo dejando por lo menos un espacio de 1,5 cm por encima, a fin de homogenizar la muestra antes de realizar el análisis.

Con un termómetro desinfectado, se debe tomar la temperatura de la muestra.

Se flamea la boca del frasco, y se tapa al frasco cubriéndola exteriormente con papel madera sujetándola con el cordel.

Se registra todos los datos posibles en la etiqueta de identificación de la muestra.

5.2 TOMA DE MUESTRA DE UNA FUENTE

Para obtener muestras representativas en cisternas, reservorios, manantiales, vertientes, pozos poco profundos, arroyos, ríos, lagos, no se debe tomar muestra cerca a las orillas, o cerca del sedimento del fondo, evitando lugares donde el agua se encuentre estancada.

Para la toma de muestra se debe sumergir el frasco con el cuello hacia abajo, a una profundidad comprendida entre 15 a 30 cm para evitar la intromisión de desechos flotantes.

Una vez tomada la muestra se debe enderezar el frasco, con la boca en sentido contrario a la corriente; y en fuentes cuando no haya corriente, el frasco se empujara horizontalmente a través del agua.

Para fuentes como cisternas, reservorios, profundidades de lago, o pozos, el recipiente para la toma de muestra debe estar esterilizado, considerado además estar bien sujetado para facilitar su inmersión.

5.3 TOMA DE MUESTRA DE POZO

Debido a la profundidad que pueden tener los pozos, para la muestra de agua se utilizan bombas mecánicas. Se debe desinfectar la boca de la bomba (flameándola si se pudiese), debe bombearse y dejarse escapar una cantidad de agua por un corto tiempo antes de tomar la muestra, posteriormente se debe dejar fluir el agua en el interior del frasco.

6. TRANSPORTE Y CONSERVACIÓN

La muestra recolectada debe ser enviada al laboratorio en el menor tiempo posible. El tiempo máximo entre el muestreo y el análisis no debe exceder las 24 horas, las muestras no deberán ser expuestas a la luz y se las tienen que mantener a una temperatura preferiblemente entre 4 y 10° C pero no congeladas, si es imposible mantener estas condiciones no se analizara la muestra.

6.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

Las muestras deben contener la mayor información posible, en una etiqueta que se debe ubicar en el frasco de muestreo, para que los resultados puedan ser interpretados correctamente.

La Norma Boliviana NB-496 propone el siguiente Formulario de Identificación para las muestras destinadas al análisis de agua potable:

<u>Formulario de Muestreo</u>	
1) Código de muestra.....	
2) Hora de Muestreo.....	
3) Localidad.....	
4) Dirección punto de muestreo.....	
5) Material del envase empleado para el muestreo.....	
6) Volumen de muestra extraída.....	
7) Temperatura de la muestra.....	
8) Tiempo requerido desde la toma de la muestra hasta el laboratorio.....	
9) Tipo de conservación de la muestra.....	
10) Croquis del lugar.....	
Responsable del muestreo.....	
Fecha del muestreo.....	
Firma.....	

6.2 CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

Se deben mantener refrigeradas, manteniendo los recipientes con hielo u otro sistema de enfriamiento durante el tiempo que dure su transporte al laboratorio. Los procedimientos de conservación recomendados por la Norma Boliviana NB-496 para cada tipo de análisis, son los siguientes:

Bacteriología El tiempo transcurrido entre la toma y el ensayo no debe superar las 24 horas. Es importante que durante el transporte, las muestras se mantengan refrigeradas entre 4°C a 10°C, si no pueden procesarse las muestras de inmediato a la hora de su llegada, se guardarán en refrigeración por 24 horas.

El conservador que se use para el transporte debe limpiarse y desinfectar después de cada uso para evitar cualquier contaminación durante la recolección de las muestras.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Si la fuente es desconocida, se debe realizar ensayos de la fuente que deben cumplir los requisitos que especifican mediante ensayo de laboratorio (Costo aproximado 200 Bs.), otra manera es mediante la rotura de 3 probetas de hormigón elaboradas con agua de la fuente, los cuales tienen un precio de 35 Bs por probeta (equivalente a 105 Bs.).

- El agua, se utiliza para: mezclado en la elaboración del hormigón, curado del hormigón y el lavado de los áridos.
- La función del agua es hidratar el cemento y dar trabajabilidad al hormigón fresco mediante la lubricación de los áridos.
- El agua en el proceso de curado tiene por objetivo completar la hidratación del cemento después del proceso de fraguado durante las primeras etapas de endurecimiento.
- El agua lava a los áridos, dejándolo libre de impurezas y lo más limpio posible, mejorando la adherencia entre el árido y la pasta de cemento, evitando la presencia de elementos que puedan afectar la durabilidad del hormigón.
- Debe controlarse de manera estricta la cantidad de agua a emplearse en hormigones, ya que una reducción y/o aumento de este elemento afecta directamente a la resistencia del concreto, como a su consistencia.

Recomendaciones

- Cuando la calidad de la fuente sea desconocida, se recomienda realizar ensayos de laboratorio y ya que los resultados de los análisis, podrán garantizar la buena elaboración de los hormigones.
- Es mejor tomar un registro de la cantidad de agua utilizada para el mezclado, así como de la fuente de agua, ya que podría ser un referente para elaborar mezclas futuras con la misma fuente.
- Se debe almacenar el agua para hormigones en recipientes limpios, y evitar su contaminación, a fin de no afectar la trabajabilidad del hormigón.

8. BIBLIOGRAFÍA

📖 Anibarro, F. C. (2015). Introducción al Diseño de Mezclas de Hormigón. La Paz: Instituto de Ensayo de Materiales.

📖 Arquero, F. (1977). Cálculo Práctico del Hormigón Armado. Barcelona, España: Enciclopedia CEAC de Construcción.

📖 ASTM. (2004). Anual Book of ASTM Standards section 4. American: Concrete and Aggregates.

📖 Cánovas, M. F. (1999). Hormigón. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

📖 Giraldo, O. (2006). Dosificación de Mezclas de Hormigón. Medellín - Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

📖 Gómez, J. (1977). Tecnología y Propiedades. Colombia: Instituto del Concreto.

📖 Hernán, Z. (1992). Compendio de Tecnología del Hormigón. Santiago - Chile: I.CH.C.H.

📖 Hormigón, C. P. (1987). Código Boliviano del Hormigón CBH - 87. Bolivia: Ministerio de Urbanismo y Vivienda.

📖 Huerta, C. (2013). Diseño de Mezclas de Concreto. Lima - Perú: EPE.

📖 Jiménez, & Montoya. (2011). Hormigón Armado. Barcelona - España: Gráficas 92.

📖 OFICEMEN. (1978). Manual de consejos prácticos sobre hormigón. Madrid España: ANEFHOP.

📖 Quiroz, M., & Lucas, S. (2006). Apoyo Didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de "Tecnología del Hormigón". Cochabamba - Bolivia: UMSS.



*CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ACREDITADA AL SISTEMA
ARCU-SUR, DEL MERCOSUR EDUCATIVO*



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INDUSTRIALES



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AMAZÓNICAS



*INSTITUTO NACIONAL UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN
EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL*



UNIDAD DE POSGRADO INDUSTRIAL



UNIDAD DE SISTEMAS INGENIERÍA INDUSTRIAL



UNIDAD DE GESTIÓN DE LA CALIDAD



Carrera de Ingeniería Industrial

Todos los derechos reservados, 2020