



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



# REVISTA INDUSTRIAL 4.0

Edición Digital Nro. 4  
Mayo 2022

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

<b>M.Sc. Oscar Arnaldo Heredia Vargas</b>	<b>Rector</b>
<b>Phd. Maria García Moreno</b>	<b>Vicerectora</b>
<b>Ing. José Alberto Vásquez</b>	<b>Decano a.i. Facultad de Ingeniería</b>
<b>Ing. Teodoro Busch Dekovice</b>	<b>ViceDecano a.i. Facultad de Ingeniería</b>
<b>Ing. Franz José Zenteno Benitez</b>	<b>Director de Carrera Ingeniería Industrial</b>

**Revista Industrial 4.0  
Edición Impresa N° 4 Mayo 2022**

**Comite Editor:**  
**Ing. Fernando Sanabria Camacho**  
**Ing. Grover Sanchez Eid**  
**Ing. Mario Zenteno Benitez**  
**Ing. Oswaldo Terán Modragón**  
**Ing. Mónica Lino Humerez**

**Diseño Versión Impresa & Web:**  
**Ing. Enrique Orosco Crespo**

**Imprenta:**  
**Walking Graf**

**Deposito Legal:**  
**4-3-68-20**

**Web:**  
**<http://industrial.umsa.bo/revistaindustrial-40>**  
**Email:**  
**[revistaindustrial4.0@umsa.bo](mailto:revistaindustrial4.0@umsa.bo)**

**Dirección:**  
**Av. Mcal. Santa Cruz, Plaza Del Obelisco.**  
**Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería.**  
**Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402**

## PRESENTACIÓN

Con mucho orgullo presento el cuarto número de la revista Industrial 4.0, que responde al trabajo desarrollado por el Comité Editor y la contribución permanente de Investigadores docentes y universitarios que desarrollan sus actividades en diferentes áreas del conocimiento de la ingeniería. La regularidad de la publicación permite cumplir con los objetivos que tiene una carrera universitaria integrada: fomentar la investigación en todos los niveles de formación y difundir el trabajo multidisciplinario que llevan adelante.

Es importante que una investigación deba presentar alternativas de soluciones a problemas identificados, las que deben integrar los conocimientos tecnológicos especializados de los ingenieros en las diferentes áreas y no descuidar la opinión de la población la que es al final su beneficiaria.

Fomentar la investigación en la comunidad universitaria es un objetivo que tiene la carrera de Ingeniería Industrial conjuntamente con sus tres institutos de investigación y la unidad de posgrado; todos los graduados desarrollan actividades no curriculares de investigación como requisito previo la titulación, participan en forma activa en los diferentes proyectos que llevan adelante los investigadores, y como resultado varios trabajos son publicados por este medio.

En el presente número se toca temas relacionados con la construcción, industria de alimentos, seguridad industrial y salud ocupacional, ingeniería de mantenimiento y ecología; temas muy diversos pero que hacen a las diferentes áreas de formación de un ingeniero. Agradecer a los todos los que postularon y presentaron sus artículos para la divulgación.

Reiterar los agradecimientos a los miembros del Comité Editor, que de manera desinteresada dan su tiempo para revisar y aprobar los documentos que atienden la convocatoria que se realiza oportunamente.



**Ing. MBA. Franz José Zenteno Benítez**  
**DIRECTOR**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

*Ing. MBA. Franz José Zenteno Benítez*  
**DIRECTOR**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

# ANÁLISIS DEL CEMENTO PARA LA FABRICACIÓN DE HORMIGÓN CONVENCIONAL EN LA PAZ

**EFRAIN SANTALLA ALEJO**, Orcid:0000-0002-8934-4859  
Ingeniero Civil, Universidad Mayor de San Andrés  
[esantalla@umsa.bo](mailto:esantalla@umsa.bo)  
Celular.: 77216517

Recibido: 14 de marzo; aprobado: 6 de mayo

## RESUMEN

Este trabajo presenta la participación del cemento en la fabricación del hormigón, así como el procedimiento que se debe realizar para desarrollar el ensayo de la densidad, esto a fin de conocer esta propiedad, la cual se necesita para elaborar una mezcla de hormigón. Entonces se mostrará la importancia del cemento y su incidencia en la elaboración de mezclas de hormigón, mostrando los requisitos que deben cumplir, y el modo correcto de realizar éste ensayo, siguiendo el método NB – 064 (Norma Boliviana), ASTM C 188, además de indicar la manera de realizar el control de calidad y la supervisión del cemento.

## PALABRAS CLAVES

*Agregado, Cemento, Concreto, Densidad, Gravedad específica.*

## ABSTRACT

*This work presents the participation of cement in the preparation of concrete, as well as the procedure that must be carried out to develop the density test, in order to know this property, which is needed to prepare a concrete mixture. Then the importance of cement and its incidence in the preparation of concrete mixtures will be shown, showing the requirements that must be met, and the correct way to carry out this test, following the method NB - 064 (Bolivian Standard), ASTM C 188, in addition to indicate how to carry out quality control and supervision of cement.*

## KEYWORDS

*Aggregate, Cement, Concrete, Density, Water, Specific Gravity.*

## INTRODUCCIÓN

Los cementos son materiales de naturaleza inorgánica o mineral que al mezclarse con agua forman pastas que fraguan y endurecen en un lapso de tiempo.

Se presenta en forma de un polvo muy fino, de color gris a gris verdoso. El cemento Portland por definición es un material aglutinante que al combinarse con el agua fragua y endurece adhiriéndose firmemente a otros materiales, como la roca y el acero, tanto bajo el agua como al aire. La velocidad de endurecimiento depende de la temperatura. El cemento se llama hidráulico porque fragua y endurece a la reacción con el agua. (Anibarro, 2015, pág.2-1)

Este producto es proporcionado desde el fabricante, por tanto las propiedades y características del cemento deben ser exigidas por el residente, director, supervisor de obra; a fin de tener un control de la calidad del producto.

El comportamiento y propiedades de la pasta de cemento y del hormigón dependen fundamentalmente de la composición química del clinker y de la finura del cemento. (Huerta 2013, pág. 43)

Los compuestos principales del clinker Pórtland son:

COMPUESTO	FORMULA QUÍMICA	ABREVIATURA
Silicato tricálcico	$3 \text{ CaO SiO}_2$	C3S
Silicato dicálcico	$2 \text{ CaO SiO}_2$	C2S
Aluminato tricálcico	$3 \text{ CaO Al}_2\text{O}_3$	C3A
FerroAluminato tetracálcico	$4 \text{ CaO Al}_2\text{O}_3 \text{ Fe}_2\text{O}_3$	C4AF

Estas componentes han sido llamados “Compuestos de Bogue” y constituyen aproximadamente el 95% del peso total del clinker, el 5% restante está constituido por óxidos de sodio potasio, titanio, residuos insolubles y otros.

Para la determinación de las proporciones de mezclas de hormigón, el dato que se necesita determinar es la densidad del cemento.

### 1.1 OBJETIVO

Determinar la densidad y características del cemento empleado en nuestro medio, para obtener un hormigón convencional de buena calidad.

## **2. DESARROLLO**

### **2.1 EL CEMENTO EN BOLIVIA**

En nuestro medio el cemento comúnmente utilizado es el de resistencia de 30 MPa conocido como Cemento Estándar y hoy en día también se emplea el cemento Especial de 40 MPa. Ambos cementos llevan el sello de calidad de IBNORCA. NB-011 - 95

#### **Cemento Viacha Estándar IP-30**

Un cemento de uso y aplicación general donde se requieran valores de resistencia normal, son:

- Elementos estructurales en general (zapatas, columnas, vigas, losas, muros)
- Obras sanitarias en general
- Hormigones masivos
- Hormigones en contacto con agentes agresivos.
- Morteros para todo uso

#### **Cemento Viacha Especial IP-40 (ya no se está fabricando)**

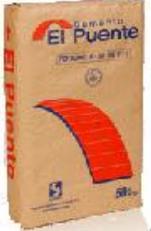
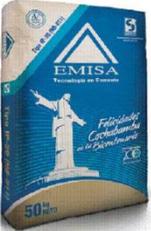
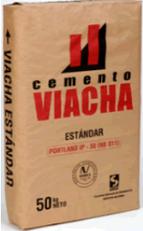
- Elementos prefabricados (pretensados, premoldeados, postesados).
- Puentes
- Pavimento rígido
- Hormigón proyectado
- Elementos estructurales que requieran una rápida puesta en servicio

#### **Cementos Fabricados en Bolivia**

A continuación se muestra los diferentes cementos producidos en nuestro país como se indica en la tabla 1.

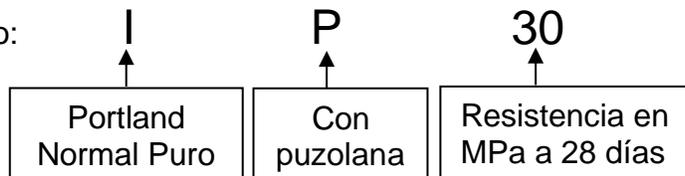
**Tabla 1**

*Tipos de Cemento Comerciales en Bolivia*

COBOCE	EL PUENTE	EMISA	VIACHA
			
			
WARNES	FANCESA	CAMBA	ECEBOL
			
			

Fuente: Propia (2022)

Designación del cemento:



## 2.1 IMPORTANCIA

La importancia e influencias que tiene el Cemento en el Hormigón son los siguientes:

- Un alto contenido de cemento (especialmente si es rico en silicato tricálcico) necesitara más agua en la dosificación (por tal razón se debe respetar los contenidos máximos de agua y mínimo de cemento), ocasionando además un alto calor de hidratación generando tensiones térmicas diferenciales mayores a la resistencia de tracción del hormigón en especial a tempranas edades.
- Debe limitarse el contenido de  $S_3C$  en los cementos para obras de grandes masas de hormigón, no debiendo rebasarse un 35%, con objeto de evitar valores elevados del calor de hidratación.
- Los cementos con alto contenido en silicato dicálcico son más resistentes a los sulfatos.
- Las reacciones de álcali-agregado producen geles que originan presiones internas en el hormigón.
- El ataque de sulfatos sobre aluminatos tricálcicos hidratados producen ettringita expansiva originando tensiones internas que fisuran al hormigón para luego destruirlo.
- Por ejemplo un aumento en la cantidad de  $C_3A$  en el cemento Pórtland ocasiona un fraguado más rápido, pero conduce a propiedades indeseables del hormigón, como una mala resistencia a los sulfatos y un mayor cambio de volumen. Su estabilidad química es buena frente a ciertas aguas agresivas (de mar, por ejemplo) y muy débil frente a sulfatos.

## 2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

### 2.2.1 PARÁMETROS SEGÚN LA NORMA BOLIVIANA NB-011

En nuestro medio se tiene la Norma Boliviana NB-011, la que indica los parámetros que deben cumplir los distintos tipos de Cemento, los cuales se muestran en las tablas 2, 3, 4, 5 y 6.

**Tabla 2**

*Clasificación y Composición de los Cementos*

Tipos de cemento			Proporción en masa % <sup>(1)</sup>			
Denominación	Designación	Tipo	Componentes principales			Componentes adicionales <sup>(2)</sup> (3)
			Clinker	Puzolana Natural	Filler Calizo <sup>(3)</sup>	
<b>Cemento Portland</b>	Cemento Portland	I	90 a 100	–	–	0 a 5
	Cemento Portland con puzolana	IP	70 a 94	6 a 30	–	0 a 5
	Cemento Portland con filler caliza	IF	80 a 94	–	6 a 15	0 a 5
<b>Cemento puzolánico</b>		P	≥ 60	≤ 40	–	0 a 5

(1): En estos valores se excluyen: el regulador de fraguado y los aditivos.

(2): Los componentes adicionales pueden ser uno o dos entre puzolana y filler calizo, a menos que sean componentes principales del cemento.

(3): La caliza a utilizarse como filler calizo o como componente adicional deberá cumplir el requisito de un contenido mínimo de 85% de carbonato de cálcico.

**Tabla 3**

*Categoría Resistente de los Cementos*

Categorías resistentes		Resistencias a la compresión [MPa] (NB 470) <sup>(1)</sup>		
		Mínimas a 3 días	Mínimas a 7 días	Mínimas a 28 días
<b>Alta</b>	40	17	–	0 a 5
<b>Media</b>	30	–	–	0 a 5
<b>Corriente</b>	25	–	6 a 15	0 a 5

(1): El método alternativo de NB 644, provee resultados notoriamente más altos; por lo tanto, estas especificaciones de resistencia no son adecuadas para su control de calidad.

**Tabla 4**

*Especificaciones Físicas para los Cementos*

Categorías resistentes	Fraguado (NB 063)		Superficie específica Blaine (NB 472) [cm <sup>2</sup> /g]
	Inicial (minutos)	Final (horas)	
<b>Alta, Media y Corriente</b>	> 45	< 10	> 2600
	> 60	< 12	

Fuente: Norma Boliviana NB-011 (2011)

**Tabla 5**

*Especificaciones Físicas para los Cementos*

Tipo	Expansión	
	Autoclave % máximo (NB 471)	Mínimas a 7 y 28 días
I, IP, IF, P	0,8	10
	1,0	

Fuente: Norma Boliviana NB-011 (2011)

**Tabla 6**

*Especificaciones Químicas para los Cementos*

Características químicas (NB 061)	Tipos de cemento			
	I	IP	IF	P
Perdida por calcinación (% máximo)	5	7	7	8
Residuo Insoluble (% máximo)	3	–	5	–
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ) (% máximo)	3,5	4	4	4
Oxido de magnesio (MgO) (% máximo)	6	6	6	6
Puzolanidad 8 a 15 días	–	–	–	Positiva

Fuente: Norma Boliviana NB-011 (2011)

## 2.2.2 CONSIDERACIONES PREVIAS DEL ENSAYO PARA OBTENER LA DENSIDAD DEL CEMENTO

### Normas de Referencia para la Densidad del Cemento

Las normas empleadas para la determinación del cemento son:

- NB – 064 (Norma Boliviana N.B. 011)
- ASTM C 188. (ASTM, 2004).

### Condiciones para el ensayo de la Densidad del Cemento

La temperatura durante todo el ensayo no debe sufrir grandes cambios, debe ser constante. Es decir  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  (temperatura de laboratorio). La variación de temperatura desde que se hace la lectura inicial hasta que se realiza la lectura final, no debe ser mayor de  $0,2^{\circ}\text{C}$ ; para ello es recomendable realizar el ensayo en baño maría.

### Equipo para el ensayo de la Densidad del Cemento

- Frasco de Le Chatellier Este es un frasco de vidrio normalizado que tiene una sección circular. Transparente y sin estrías o burbujas.
- El cuello será graduado de 0 a 1 ml y de 18 a 24 ml. Provisto de un bulbo circular para facilitar la entrada del material.

- Balanza con resolución de 0,01 g

## Material para el ensayo de la Densidad del Cemento

Los materiales empleados para este ensayo son:

- Kerosene o líquido de densidad ligera
- Embudo
- Espátulas y pinceles

### 2.2.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO PARA LA OBTENER LA DENSIDAD DEL CEMENTO

El procedimiento para la determinación de la densidad es la siguiente:

- Pesar 60 g de cemento con una exactitud de una centésima de gramo.
- Llenar el frasco de Le Chatellier con kerosene hasta cualquiera de las divisiones debajo del bulbo, cuyo valor se registra como Volumen Inicial =  $V_o$ .
- Introducir el cemento dentro del frasco con ayuda del embudo evitando que se pegue a las paredes del cuello o se atore en el bulbo.
- Tapar el frasco y hacer rotar en círculos horizontales para eliminar las burbujas de aire.
- Luego tomar la lectura final que acusa el líquido y registrar como Volumen Final =  $V_f$ .

### 3. CÁLCULO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO

Los datos obtenidos siguiendo el procedimiento indicado en el anterior apartado dieron los siguientes valores:

Peso Cemento:  $P_c = 60 \text{ g}$

Lectura Inicial:  $V_o = 0,9 \text{ cm}^3$  (Lectura del menisco en el frasco de Le Chatellier)

Lectura Final:  $V_f = 21,6 \text{ cm}^3$  (Volumen mezclado de cemento y kerosene)

La densidad del cemento será:  $\rho_c = \frac{P_c}{V_f - V_o} = \frac{60 \text{ g}}{21,6 - 0,9 \text{ cm}^3} \rightarrow \boxed{\rho_c = 2,899 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}$

### 4. CONTROL DE LA CALIDAD DEL CEMENTO

La recepción del cemento se realizará de acuerdo con lo establecido en el CBH-87. En cualquier caso el responsable de la recepción del cemento en la central de

hormigonado u obra, deberá conservar durante un mínimo de 100 días una muestra de cemento de cada lote suministrado.

- Se debe evitar el humedecimiento.
- Se recomienda almacenar en cuartos o bodegas cerrados con techos con pendiente adecuada, paredes secas e impermeables, el piso debe ser entablonado y separado como mínimo 20cm del piso natural.
- Las bolsas se apilan por facilidad de conteo en 10 unidades (con un máximo de 12 unidades) separadas entre ellas y sin contacto con las paredes.
- El cemento se debe utilizar cronológicamente.
- Cuando el cemento se almacena en silos se debe evitar la humedad y limpiar periódicamente.

### **Especificaciones**

Son las del CBH-87 (Código Boliviano del Hormigón, 1987) más las contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

No podrán utilizarse lotes de cemento que no lleguen acompañados del certificado de garantía del fabricante, firmado por una persona física.

### **Ensayos**

- La toma de muestras se realizará según se describe en la vigente Instrucción para la Recepción de Cementos.
- Antes de comenzar el hormigonado, o si varían las condiciones de suministro, se realizarán los ensayos físicos, mecánicos y químicos previstos en los pliegos, además de los previstos
- Al menos una vez cada tres meses de obra, y cuando lo indique la Dirección de Obra, se comprobarán: componentes del cemento, principio y fin de fraguado, resistencia a compresión y estabilidad de volumen, según las normas de ensayo establecidas en la referida Instrucción.
- En cualquier caso deberán conservarse muestras preventivas durante 100 días.

### **Criterios de aceptación o rechazo**

El incumplimiento de alguna de las especificaciones, salvo demostración de que no supone riesgo apreciable tanto desde el punto de vista de las resistencias

mecánicas como del de la durabilidad, será condición suficiente para el rechazo de la partida de cemento.

## **5. SUPERVISIÓN DEL CEMENTO**

El cemento utilizado debe ser del tipo que se indica en las especificaciones y cuya procedencia no haya sido observada por el Supervisor de Obra. El cemento vendrá en bolsas herméticamente cerradas, con la marca de fábrica. La aceptación del cemento podrá estar basada en la certificación de la fábrica y en la factura de compra emitida por el distribuidor mayorista, en la que se indique claramente la fecha de adquisición.

El cemento deberá cumplir con la calidad requerida según los ensayos de: finura de molido, peso específico, fraguado, expansión y resistencia, pudiendo ser exigida su comprobación por el Supervisor de Obra mediante la certificación emitida por el proveedor.

El cemento se debe almacenar en condiciones que lo mantengan fuera de la intemperie y de la humedad, en lugar seco, abrigado y cerrado, quedando constantemente sometido a examen por parte del Supervisor de Obra. Se recomienda almacenar en cuartos o bodegas cerrados con techos con pendiente adecuada, paredes secas e impermeables, el piso debe ser entablonado y separado como mínimo 20cm del piso natural, evitándose su humedecimiento. Las bolsas se pilan con un máximo de 12 unidades separadas entre ellas y sin contacto con las paredes, para un mejor conteo las bolsas pueden ser apiladas en filas de 10 unidades.

El cemento en uso y que por cualquier motivo haya fraguado parcialmente, debe rechazarse. El uso de cemento recuperado de bolsas rechazadas, no será permitido. Todo cemento que presente grumos o cuyo color esté alterado será rechazado y deberá retirarse de la obra.

El cemento se debe utilizar cronológicamente. Asimismo, el cemento que haya sido almacenado por el Contratista por un período de más de 60 días necesitará la

aprobación del Supervisor antes de ser utilizado en la obra. Se deberá utilizar un solo tipo de cemento para las obras, excepto cuando se justifique la necesidad de empleo de otros tipos de cemento, siempre que cumplan con las características y calidad requeridas para el uso destinado, o cuando el Supervisor de Obra lo autorice en forma escrita. En caso de disponerse de varios tipos de cemento, estos deberán almacenarse por separado.

Es importante que el cemento cuente con una certificación de calidad del producto, en el cual debe indicar la resistencia y los porcentajes empleado en su fabricación, como ejemplo se muestra la Figura 1.

Figura 1

Certificación de Calidad del Cemento



SOBOCE

INFORME MENSUAL DE CONTROL DE CALIDAD: CEMENTOS								
ORL-CCL.CC.021								
Marzo/2011(Definitivo G-2010)			1-30 (NB 011)	CEMENTO VIACHA NORMAL	IP-30 (NB 011)	CEMENTO VIACHA ESTANDAR	IP-40 (NB 011)	CEMENTO VIACHA ESPECIAL
ANALISIS QUIMICOS	SiO2	%				32.26		26.11
	Al2O3	%				6.61		5.49
	Fe2O3	%				2.86		2.81
	CaO	%				47.54		56.23
	MgO	%	< 6.0		< 6.0	2.36	< 6.0	2.72
	K2O	%				2.10		1.57
	Na2O	%				0.77		0.44
	SO3	%	< 3.5		< 4.0	2.41	< 4.0	2.27
	LOI	%	< 5.0		< 7.0	2.35	< 7.0	1.83
	TOTAL	%				99.76		100.02
	H2O	%				0.71		0.67
	R.I.	%	< 5.0			23.02		9.98
	CaOlibre	%				1.17		1.24
FASES DEL CLINKER	C3S	%				56.13		57.04
	C2S	%				19.91		19.23
	C3A	%				7.52		7.45
	C4AF	%				10.09		10.00
ENSAYOS FISICOS Y MECANICOS	M + 325	%				6.75		2.52
	PESO ESPECIFICO	gr/cc				2.87		3.04
	BLAINE COMUN	cm2/g	>2600		>2600	3794	>2800	4190
	TIEMPO DE FRAGUADO	INICIAL FINAL	hs:min	> 1:00	> 1:00	02:58	> 0:45	03:02
	EXPANSION LE CHAT.	mm.	< 8		< 8	0.52	< 8	0.63
	EXPANSION AUTOCLAVE	%	< 1		< 1	0.04	< 1	0.04
	RESISTENCIAS A 3 DIAS	MPa	> 10		> 10	19.71	> 17	28.79
	A LA COMPRESION A 7 DIAS	MPa	> 17		> 17	25.06	> 25	35.03
	A 28 DIAS	MPa	> 30		> 30	32.83	> 40	42.94

1-30: Cemento Portland Categoría Resistente Media - Norma Boliviana (2005).  
 IP-40: Cemento Portland con Puzolana Categoría Alta Resistencia - Norma Boliviana (2005).  
 Las Especificaciones Químicas y Físico-Mecánicas de la Norma Boliviana homologan a las de la Norma Española (UNE)/Norma Europea (EN).  
 Los Métodos de Análisis y Ensayos de la Norma Boliviana son, en general, idénticos a los ASTM (USA).  
 La Categoría Resistente Media de la Norma Boliviana (NB) supera a la categoría única ASTM (USA). La Categoría Resistente Alta de la NB supera a la Alta Resistencia de la UNE (España).  
 Factores de conversión: 1MPa = 142.26 psi(lb/pulg2)  
 No existió despacho de cemento 1-30 durante el mes

  
 El.Bo. Por Lic. Carlos Avila J.  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

  
 VoBo. Ing. Valentin Casas L.  
 JEFE DE CONTROL DE CALIDAD

Viacha, 29 de Abril de 2011

GNH (2 ejemplares)  
 JCC  
 JCG  
 JLI  
 SLA

Planta Viacha: Telfs.: (591-2) 280-0101 / 280-0116 • Fax: (591-2) 280-0284  
 Planta Ready Mix: Telf.: (591-2) 221-1272 • Fax: (591-2) 221-8703  
 Comercialización: Calle Mercado 1075 • Telf.: (591-2) 240-6465 • Fax: (591-2) 240-7557  
 Oficina Central: Calle Mercado 1075 • Telf. Piloto: (591-2) 240-6040 • Fax: (591-2) 240-7440 • Casilla 557  
 La Paz - Bolivia

  
 Cemento Viacha y Ready Mix son marcas de la  
 Sociedad Boliviana de Cemento, SOBOCE S.A.

Fuente: Soboce (2012)

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

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1 Conclusiones**

- Para la elaboración de hormigones se deben conocer los parámetros de los materiales antes de realizar una mezcla de hormigón a fin de optimizar y garantizar su calidad.
- El ensayo de la densidad, debe realizarse para cada tipo de cemento a emplear para la fabricación de hormigón.
- La relación agua/cemento depende de la resistencia media a compresión y por ende de la condición de control prevista para la ejecución en obra, estos parámetros influyen en la trabajabilidad del hormigón.
- La cantidad de cemento está en función de la relación agua/cemento, la cual influye en la Docilidad del hormigón.
- A mayor resistencia del cemento se retarda más el proceso de endurecimiento.
- A mayor contenido del cemento se acelera el proceso de endurecimiento.

### **4.2 Recomendaciones**

- El presente artículo puede ser utilizado como una guía para personas o instituciones que quieran realizar ensayos de control del cemento para la elaboración de hormigones.
- El contenido de puzolana influye en la cantidad de agua a emplear en la preparación de mezcla, por ejemplo para cementos tipo IP-40 Viacha, se recomienda incrementarse el agua un 15% y para cementos IP-30 deberá aumentarse 10%.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

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

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

📖 Cánovas, M. F. (2013). Hormigón. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

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

📖 Norma Boliviana (N.B.), La Paz – Bolivia. IBNORCA.



ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA  
Ministerio de Educación  
Mesaorocagua Jirón  
Yachay Kambacha  
Yachay Kambacha

00056

MINISTERIO DE  
**educación**  
ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

MERCOSUR **cnacu**

LA COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN  
DE CARRERAS UNIVERSITARIAS  
*En sujeción y al amparo de la Ley N° 870 de la Educación "Avelino Siñani - Elizardo Pérez,"  
del 20 de diciembre de 2010*

**CERTIFICA**

Que la Carrera de:  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
de la  
**UNIVERSIDAD MAYOR DE  
SAN ANDRÉS**  
con sede académica en la ciudad de UNSAE, ha cumplido  
los criterios establecidos para la  
**ACREDITACIÓN**  
al Sistema *ARCU - SUR*, del **MERCOSUR EDUCATIVO**  
*Este reconocimiento de la Calidad Académica tiene alcance Regional en el MERCOSUR,  
con validez de un periodo de seis (6) años.*  
*La Paz, septiembre de 2019*

Msc. Edmundo Cordero Rodríguez  
Presidente de la Comisión Nacional de  
Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia

Msc. Juan Carlos Rodríguez, Acuña  
Vicepresidente de la Comisión Nacional de  
Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia



Todos los Derechos Reservados, 2022  
La Paz - Bolivia



Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175  
Plaza del Obelisco  
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería  
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402  
Web: [industrial.umsa.bo](http://industrial.umsa.bo)  
Email: [ingeindustrial@umsa.bo](mailto:ingeindustrial@umsa.bo)  
[ingeindustrialumsa@gmail.com](mailto:ingeindustrialumsa@gmail.com)