



## Mantensor de la trabajabilidad del concreto bombeado adicionado con sacarosa

### Maintainer of the workability of pumped concrete adde with sucrose

Richard Hugo Reymundo Gamarra<sup>1</sup>

0000-0002-3759-1479

Autor corresponsal: rreymundo@uncp.edu.pe

#### Cómo citar:

Reymundo Gamarra, R. H. (2021). *Mantensor de la trabajabilidad del concreto bombeado adicionado con sacarosa*. *Prospectiva Universitaria*, revista de la UNCP. 18(1), 35-44. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2021.18.1414>

#### Resumen

Los problemas por pérdida por trabajabilidad por esperas de mixers en obra para el bombeado del concreto, los cambios de puntos de vaciados, espera de traslado de personal y equipos, origina fisuras, cangrejeras, juntas frías y bajas resistencias del concreto bombeado. Existen investigaciones de sacarosa en pastas y concreto, investigaciones de evaluación y medición de bombeo del concreto sin y con aditivos químicos. El objetivo fue mejorar el concreto con el uso de sacarosa como aditivo para la elaboración de concreto bombeable. La investigación fue experimental, diseño de dos grupos: el grupo de control: concreto patrón “concreto simple” y grupo experimental “concreto con sacarosa como aditivo para el bombeado”. Se realizó mezcla de concreto simple  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y mezclas con sacarosa blanca “Cartavio”, dosis de 0.01 %, 0.07 %, 0.14 %, 0.20 %, 0.25 %, 0.28 %, 0.34 % y 0.40 % del peso del cemento Portland tipo I Andino. Se evaluó la retención y asentamiento en intervalos de tiempo de 10 minutos (10 min a 120 min); tiempo de fraguado y resistencia a la compresión 1, 3, 7, 28 y 60 días. Los resultados con dosis de 0.01 % y 0.20 %; provocó que el tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de 4”, mínimo 21.74 % y máximo 204.351 %. El tiempo de fraguado inicial; el mínimo, con dosis de 0.40 % (-16.47 %) y; máximo, con dosis de 0.20 % (152.94 %). El tiempo de fraguado final; el mínimo, con dosis de 0.01 % (22.92 %) y; máximo, con dosis de 0.40 % (154.67 %). La resistencia a compresión a 28 días dio el máximo con dosis de 0.20 % (105 %) y; mínimo, con dosis de 0.40 % (30).

**Palabras Clave:** mantensor de trabajabilidad, concreto bombeado, sacarosa, fraguado, resistencia del concreto

#### Abstract

Problems due to loss of workability waiting for mixers on site for pumping concrete, changes in emptying points, waiting for the transfer of personnel and original equipment, cracks, crabs, cold joints and low resistance of pumped concrete. There are investigations of sucrose in pastes and concrete, investigations of evaluation and measurement of pumping of concrete without and with chemical additives. The objective was to improve concrete with the use of sucrose as an additive for the manufacture of pumpable concrete. The research was experimental, designed in two groups: the control group: standard concrete “simple concrete” and experimental group “concrete with sucrose as an additive for pumping”. A simple concrete mixture  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> and mixtures with white sucrose “Cartavio”, doses of 0.01 %, 0.07 %, 0.14 %, 0.20 %, 0.25 %, 0.28 %, 0.34 % and 0.40 % of the weight of the type I Andean Portland cement were made. Retention and settling were evaluated at time intervals of 10 minutes (10 min to 120 min); setting time and compressive strength 1, 3, 7, 28 and 60 days. The results with doses of 0.01 % and 0.20 %; caused the time taken to reach a settlement of 4”, minimum 21.74 % and maximum 204,351 %. The initial setting time; the minimum, with doses of 0.40 % (-16.47 %) and; maximum, with doses of 0.20 % (152.94 %). The final setting time; the minimum, with doses of 0.01 % (22.92 %) and; maximum, with doses of 0.40 % (154.67 %). The compressive strength at 28 days was the maximum with doses of 0.20 % (105 %) and; minimum, with doses of 0.40 % (30).

**Keywords:** workability maintensor, pumped concrete, sucrose, setting, concrete strength

<sup>1</sup>Docente de la Fac. de Ing. Civil - UNCP

## Introducción

En la construcción de edificaciones, cuando el colocado de concreto son con bombas telescópicas y/o bombas estacionarias a las estructuras de las losa de techo, columnas placas y cimentaciones de concreto armado, uno de los principales problemas para que la calidad del concreto deseado no llegue a alcanzarse, debido a que, en la elaboración, transporte, colocado y compactado del concreto son afectados por diferentes factores; tales como, cambios de puntos de vaciados, esperas por traslados de personal y equipos y materiales que no cumplen los estándares de calidad, no se retiene la trabajabilidad por más tiempo, transporte del concreto a lo largo de grandes distancias, procesos constructivos que requieran mucho tiempo para la colocación y compactación del concreto, concretos a suministrarse en obras ubicadas en lugares remotos o de elevado congestionamiento de tránsito, transportar y colocar concreto en condiciones medio ambientales rigurosas, como: baja humedad relativa, muy alta velocidad de viento y temperaturas extremas en el concreto, para elevar el tiempo de permanencia del concreto en tuberías y cañerías durante el bombeo, sin que la obstruya y materiales que no cumplen los estándares de calidad para concretos bombeables; provocando una serie de defectos que pueden traer consigo baja resistencias, cangrejeras, juntas frías del concreto, siendo la pérdida del asentamiento el problema principal que se tiene en el bombeo de concreto en obra afectando la trabajabilidad, tiempo de fraguado, las resistencias iniciales y finales del concreto.

El factor principal, para evitar estos problemas, es elaborar concreto que retenga el asentamiento por un tiempo prolongado para el bombeado, porque básicamente, esta parte del proceso de fabricación del concreto es dependiente de la experiencia de operador a cargo, muchas veces la mano de obra capacitada es escasa y aquí es donde empiezan los problemas de la calidad del concreto.

El uso del azúcar como aditivo retardante y modificador de resistencia de concreto muestra variaciones positivas con respecto al patrón, si son controladas. Álvarez (2017) manifiesta que:

El uso de azúcar blanca o morena como aditivo en mezclas de concreto es beneficioso, sí y solo sí es usado en cantidades controladas. Los dos tipos de azúcar muestran un comportamiento similar en la modificación del tiempo de fraguado y resistencia a compresión, siendo estos un aumento proporcional a la cantidad de azúcar adicionada.

Los ensayos de tiempo de fraguado demuestran que el azúcar al alcanzar el equilibrio químico con los componentes del cemento

empieza la hidratación del cemento, pero al tener agua químicamente adherida a la molécula de azúcar, la resistencia a compresión se ve aumentada por la mayor hidratación a un nivel químico. (p. 115)

La capacidad de bombeo de concreto está relacionado a diversas composiciones de mezclas; agua - cemento, asentamiento, forma de agregados y aditivos. Mechtcherine et al. (2013) manifiestan que:

El bombeo de hormigón es una parte importante de los procesos de construcción modernos. Independientemente de la inmensa importancia práctica de este proceso, la presión de bombeo todavía se está estimando utilizando métodos convencionales como la prueba de asentamiento, El reómetro de tubo deslizante (Sliper) es un nuevo dispositivo desarrollado para resolver este problema y proporcionar estimaciones fiables de las presiones de bombeo. Con este dispositivo se realizó una serie de pruebas de laboratorio para investigar la capacidad de bombeo de hormigones con diversas composiciones. Los resultados obtenidos proporcionan una base sólida para demostrar los vínculos entre los parámetros de la mezcla, por ejemplo, la relación agua-aglutinante, la forma del agregado, los aditivos y la clase de consistencia, y la capacidad de bombeo del concreto. En aras de la comparación, todos los hormigones se probaron utilizando un viscosímetro de hormigón y también la prueba de la mesa de flujo. Esta comparación enfatizó las ventajas de utilizar Sliper para determinar el comportamiento reológico del hormigón durante el bombeo, mientras que se encontró una buena correlación entre los resultados obtenidos en la serie de pruebas con Sliper y el viscosímetro de hormigón. Finalmente, la capacidad de predicción de Sliper se validó en condiciones de campo midiendo la presión de bombeo a gran escala. (p. 312)

La capacidad de bombeo del concreto en la obra está relacionada con la consistencia y se puede medir a través del asentamiento, existen otros métodos que miden la consistencia pero que, están limitados a ser usados en laboratorio y no en el lugar de la construcción. Cualquier aditivo que mejora la trabajabilidad, mejora el bombeo del concreto. Draijer (2007) manifiesta que:

Los problemas con la capacidad de bombeo del hormigón provocan retrasos, mayores costos y más mano de obra. Por lo tanto, es útil utilizar un método de prueba que pueda predecir si estos problemas ocurrirían

con un lote de concreto. Por la presente, este lote puede rechazarse evitando estos problemas. Para esta investigación se buscará un método de prueba que pueda ayudar a resolver los problemas que están presentes en China. Este método de prueba debe ser utilizable en el campo para evaluar la capacidad de bombeo del hormigón en el sitio de construcción. La búsqueda de este método de prueba se realizará mediante un análisis de los problemas actuales en China con respecto a la capacidad de bombeo y mediante la creación de conocimientos sobre los métodos de prueba para la capacidad de bombeo del hormigón.

La capacidad de bombeo del hormigón se puede describir por la consistencia y la cohesión de esta mezcla. La consistencia es la capacidad relativa de fluir y, en China esto se mide mediante la prueba de caída. La cohesión es la resistencia a la segregación y al sangrado. En China, esto solo se mide a pedido mediante la prueba de sangrado normal; una prueba que requiere mucho tiempo. (p. 3)

Por lo tanto, la presente investigación planteó la alternativa de mejoramiento del concreto con el uso de la sacarosa para la elaboración de concreto bombeable; se buscó, como objetivo, solucionar estos efectos negativos y mejorar la calidad en la fabricación de concreto: retención de asentamiento, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión.

## Materiales y métodos

### Diseño de investigación

Experimental, aplicada (homogeneidad, representatividad, aleatoriedad).

El diseño experimental con posprueba única y grupo de control, contando con dos grupos: uno recibe el tratamiento experimental y el otro grupo de control no. Eso quiere decir, la manipulación de la variable independiente logra tan solo dos niveles: presencia y ausencia. Cuando termina la manipulación, a ambos grupos se realiza la medición en la variable dependiente de estudio.

Para el caso del presente estudio, la estructura de investigación fue el siguiente:

- Grupo de control, estuvo conformado por el diseño de mezcla  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sin sacarosa; además, presentó un asentamiento de 4".
- Las manipulaciones de la variable independiente fueron realizadas sobre las dosificaciones de la sacarosa (0.01 %, 0.07 %, 0.14 %, 0.20 %, 0.25 %, 0.28 %, 0.34 %, 0.40 % con respecto al peso del cemento).

- Grupo experimental, lo conformaron las mezclas resultantes de agregar la sacarosa, en este caso, mezclas de concreto con sacarosa.
- Finalmente, las evaluaciones posprueba que se realizaron en ambos grupos, detallan las mediciones de las siguientes variables dependientes Consistencia, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión del concreto.

El universo poblacional está conformado por los diseños de mezclas de concreto, los criterios de inclusión y exclusión para la delimitación poblacional son:

- Tipo diseño de mezcla: Diseño de mezcla de concreto bombeables.
- Espacial: los diseños de mezclas elaborados en la ciudad de Huancayo, bajo condiciones de laboratorio de tecnología del concreto y ambientales, donde la humedad relativa promedio es de 82.8 %, la temperatura ambiente promedio 6.1 °C, el viento promedio es de 8 km/h.
- Temporal: Se incluirán únicamente diseños de mezclas realizados en los meses de marzo 2020 a marzo a 2021.

Para el caso de muestra conformada con resistencia a compresión  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, cuyos materiales tiene las características (Cemento Portland tipo I Andino, Agregado fino: MF=3.28, Agregado Grueso: TMN=3/4", Agregado Global: MF=4.99 y Aditivo: Sacarosa blanca).

La técnica de muestreo fue no probabilístico e intencional. El tamaño de la muestra estuvo conformado por nueve diseños de mezclas agrupados de la siguiente forma:

- a. Grupo de Control, 01 diseño de mezcla  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sin sacarosa, presentando un asentamiento de 4".
- b. Grupo experimental, 08 diseños de mezclas  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con sacarosa, como resultado de mezclar 8 dosis diferentes de sacarosa (0.01 %, 0.07 %, 0.14 %, 0.20 %, 0.25 %, 0.28 %, 0.34 %, 0.40 % con respecto al peso del cemento).

### Técnica

Se procedió a desarrollar de acuerdo a las Normas Técnica Peruanas (NTP) y normas American Society for Testing and Materials (ASTM).

- **Concreto estado fresco:** Asentamiento del concreto (norma NTP 339.035 y ASTM C143)
- **Concreto estado fresco:** Tiempo de fraguado de la mezcla (norma NTP 339.082 y ASTM C403).
- **Concreto estado endurecido:** Resistencia a la compresión del concreto (norma NTP 339.034 y ASTM C39).

**Análisis estadístico**

Se ejecutó la normalidad según Shapiro Wilk, coeficiente de correlación, ecuaciones de regresión polinomial regresión lineal simple dada la naturaleza del problema. La prueba estadística para determinar las relaciones entre las variables es T Student. significancia  $\alpha=0.05$ , grados de libertad n-8; gl=7 (asentamiento), grados de libertad n-8; gl=7 (tiempo de fragua). grados de libertad n-8; gl=7 (resistencia a la compresión). Se uso tabla y programa computacional Excel para la estadística descriptiva e inferencial.

**Resultados**

**Asentamiento**

La pérdida de asentamiento del concreto en el tiempo, para las mezclas con sacarosa con dosis de 0.01 %, 0.07 %, 0.14 %, 0.20 %, 0.25 %, 0.28 %, 0.34 %, 0.40 % con respecto al peso del cemento, referido al concreto patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  se aprecian en la Tabla 1 y Figura 1.

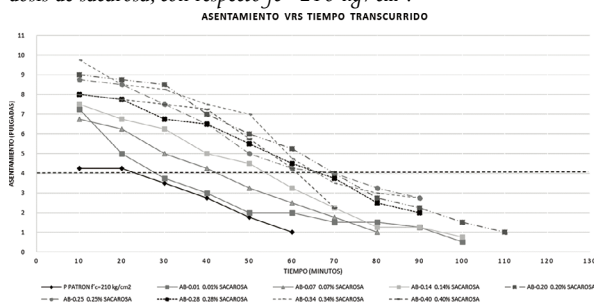
**Tabla 1**

Resumen del ensayo de asentamiento del concreto en el tiempo con diferentes dosis de sacarosa.

Código	% Dosis sacarosa	Tiempo (minutos)											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
P	Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	4¼	4¼	3½	2¾	1¾	1						
AB-0.01	0.01	7¼	5	3¾	3	2	2	1½	1½	1¼	½		
AB-0.07	0.07	6¾	6¼	5	4¼	3¾	2½	1¾	1				
AB-0.14	0.14	7½	6¾	6¼	5	4½	3¾	2¾	1¼	1¼	¾		
AB-0.20	0.20	9	8¾	8.5	7	6	5¼	4	2¾	2¼	1½	1	
AB-0.25	0.25	8¾	8½	7½	6½	5	4¼	4	3¼	2¾			
AB-0.28	0.28	8	7¾	6¾	6½	5½	4½	3¾	2½	2			
AB-0.34	0.34	9¾	8½	8¼	7½	7	4¾	3.5	3	2¾			
AB-0.40	0.40	8	7¾	7½	7¼	5¾	4¼	2¾					

**Figura 1**

Pérdida de asentamiento del concreto en el tiempo para diferentes dosis de sacarosa, con respecto  $fc=210 \text{ kg/cm}^2$ .



En la Figura 1, se observa que el asentamiento está relacionado linealmente con el tiempo, las medidas de asentamiento tienen una tendencia decreciente,

correlación negativa. La regresión lineal del asentamiento (A) sobre el tiempo transcurrido (T) para cada dosis en % de sacarosa, se aprecia en la Tabla 2.

**Tabla 2**

Regresión lineal y coeficiente de correlación.

Código % sacarosa	Regresión lineal	Coficiente de correlacion (R)
Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	$A = 5.3667 - 0.07T$	0.978365
0.01	$A = 6.2 - 0.0623T$	0.918368
0.07	$A = 7.6607 - 0.084T$	0.997546
0.14	$A = 8.3333 - 0.0811T$	0.990252
0.20	$A = 10.45 - 0.0893T$	0.992118
0.25	$A = 9.6944 - 0.0817T$	0.986255
0.28	$A = 9.2292 - 0.0796T$	0.991866
0.34	$A = 10.84 - 0.0946T$	0.980000
0.40	$A = 0.8628 - 0.0929T$	0.928870

La relación entre el asentamiento máximo inicial y las dosis de sacarosa (0.01 %, 0.07 %, 0.14 %, 0.20 %, 0.25 %, 0.28 %, 0.34 % y 0.40 % con respecto al peso del cemento), referido al concreto patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  se contempla en la Tabla 3 y Figura 2, respectivamente.

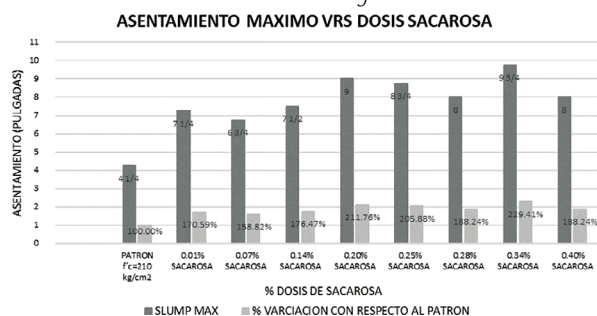
**Tabla 3**

Resumen del ensayo de asentamiento máximo del concreto con diferentes dosis de sacarosa.

Código	Dosis Sacarosa	Asentamiento Máx.	% Variación con respecto al patrón
P	Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	4¼	100.00
0.01	$A = 6.2 - 0.0623T$	7¼	170.59
0.07	$A = 7.6607 - 0.084T$	6¾	158.82
0.14	$A = 8.3333 - 0.0811T$	7½	176.47
0.20	$A = 10.45 - 0.0893T$	9	211.76
0.25	$A = 9.6944 - 0.0817T$	8¾	205.88
0.28	$A = 9.2292 - 0.0796T$	8	188.24
0.34	$A = 10.84 - 0.0946T$	9¾	229.41
0.40	$A = 0.8628 - 0.0929T$	8	188.24

**Figura 2**

Asentamiento máximo del concreto con diferentes dosis de sacarosa.



En la Figura 3, se observa que el asentamiento máximo del concreto está relacionado polinómicamente con dosis de sacarosa. La regresión polinómica de segundo grado del asentamiento máximo del concreto (AM) sobre la dosis de sacarosa (D), se aprecia en la Tabla 4.

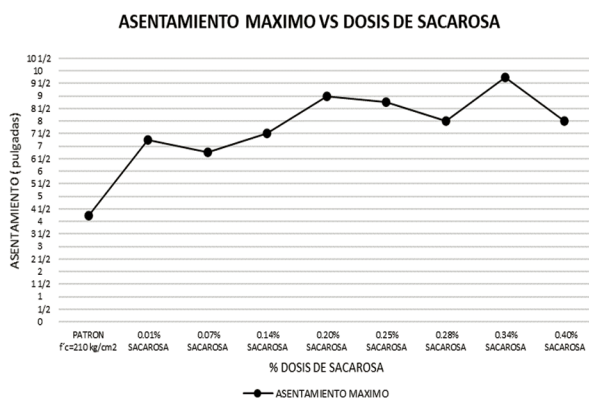
**Tabla 4**

Regresión polinómica y coeficiente de correlación.

Regresión polinómica segundo grado	Coefficiente de correlación (R)
$AM = 3.2798 + 1.6523D - 0.1215D^2$	0.890337015

**Figura 3**

Asentamiento máximo del concreto con diferentes dosis de sacarosa-correlación.



La relación entre el tiempo trascurrido, para alcanzar un asentamiento de 4 pulgadas, y las dosis de sacarosa (0.01 %, 0.07 %, 0.14 %, 0.20 %, 0.25 %, 0.28 %, 0.34 % y 0.40 % con respecto al peso del cemento), referido al concreto patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  se contempla en la Tabla 5 y Figura 4.

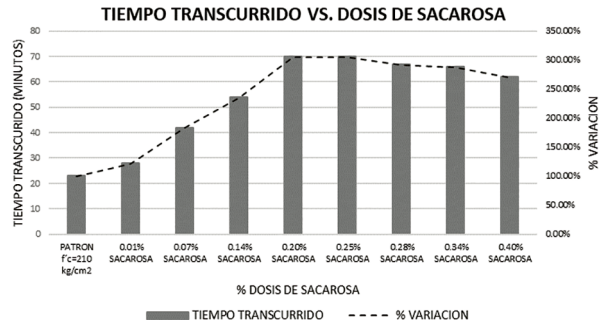
**Tabla 5**

Resumen del tiempo trascurrido en alcanzar un asentamiento de 4" con diferentes dosis de sacarosa.

Código	% Dosis Sacarosa	Tiempo trascurrido en alcanzar asentamiento de 4" min.	% Variación con respecto al patrón
P	Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	23	100.00%
AB-0.01	0.01	28	121.74
AB-0.07	0.07	42	182.61
AB-0.14	0.14	54	234.78
AB-0.20	0.20	70	304.35
AB-0.25	0.25	70	304.35
AB-0.28	0.28	67	291.30
AB-0.34	0.34	66	286.96
AB-0.40	0.40	62	269.57

**Figura 4**

Tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de 4" con diferentes dosis de sacarosa.



Del estudio de la Figura 5, se aprecia que el tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de 4" guarda una relación directa con la dosis de sacarosa, debido a que la dosis de sacarosa suministrada en la mezcla incrementa el asentamiento inicial, luego este pierde su manejabilidad en el tiempo.

El incremento de asentamiento con sacarosa obedece a disminución del mojado de granos de cemento, originando disminución de agua absorbida, aumentando el agua libre y originando lubricación de la mezcla de concreto.

En la Figura 5, se observa el tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de 4" relacionado polinómicamente con dosis de sacarosa. La regresión polinómica de segundo grado del asentamiento máximo del concreto (AM) sobre la dosis de sacarosa (D), se aprecia en la Tabla 6.

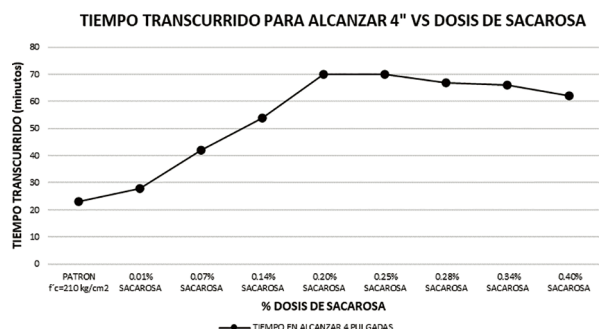
**Tabla 6**

Regresión polinómica y coeficiente de correlación.

Regresión polinómica segundo grado	Coefficiente de correlación (R)
$AM = -1.0714 + 20.124D - 1.4524D^2$	0.97401232

**Figura 5**

Tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de 4" con diferentes dosis de sacarosa-correlación.



**Tiempo de fraguado**

La correlación entre el tiempo de fraguado del concreto y las dosis de sacarosa (0.01 %, 0.07 %, 0.14 %, 0.20 %, 0.25 %, 0.28 %, 0.34 % y 0.40 % con respecto al peso del cemento), referido al concreto patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , se observan en la Tabla 7 y Figura 6.



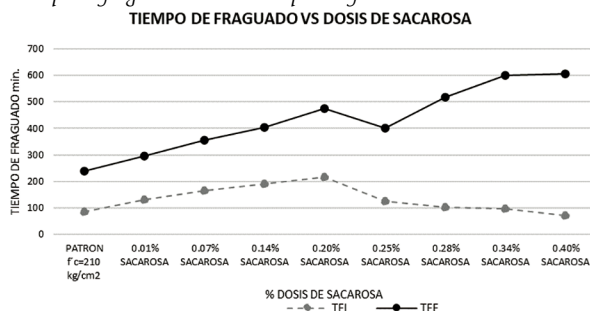
**Tabla 7**

Resumen del ensayo de tiempo de fraguado del concreto para diferentes dosis de sacarosa.

Diseño de mezcla		Tiempo de fragua (minutos)			
Código	% Dosis sacarosa	TFI (min)	% Variación con respecto al patrón	TFF (min)	% Variación con respecto al patrón
P	Patrón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	85	100.00	240	100.00
AB-0.01	0.01	132	155.29	295	122.92
AB-0.07	0.07	165	194.12	355	147.92
AB-0.14	0.14	192	225.88	405	168.75
AB-0.20	0.20	215	252.94	474	197.50
AB-0.25	0.25	125	147.06	402	167.50
AB-0.28	0.28	102	120.00	516	215.00
AB-0.34	0.34	98	115.29	600	250.00
AB-0.40	0.40	71	83.53	604	251.67

**Figura 6**

Tiempo de fraguado del concreto para diferentes dosis de sacarosa.



Del análisis de la Figura 6, se aprecia que las mezclas diseñadas para un f'c=210 kg/cm<sup>2</sup> para las diferentes dosis de sacarosa, experimentan en su gran mayoría retraso en el tiempo de fraguado con respecto al concreto patrón, siendo estos volares mayores para la dosis de 0.20 % de sacarosa respecto del tiempo de fraguado inicial y dosis de 0.40 % de sacarosa respecto del fraguado final.

El retraso que se observa en el tiempo de fraguado del concreto, es consecuencia de la naturaleza o composición química de la sacarosa y cuya reacción con el aluminato tricálcico hace que afecte la hidratación retrasando la demora de formación de cristales de silicatos por aislamiento en función a la dosis de sacarosa.

En la Figura 6, se observa que el tiempo de fragua inicial del concreto está relacionada polinómicamente con las dosis de sacarosa. La regresión polinómica de segundo grado del tiempo de fragua inicial (TFI) sobre la dosis de sacarosa (D), se aprecia en la Tabla 8.

**Tabla 8**

Regresión polinómica y coeficiente de correlación.

Código	Regresion poligómica segundo grado	Coefficiente de correlacion (R)
Tiempo de fragua inicial	TFI = 44.905 + 57.429D - 6.3279D <sup>2</sup>	0.85650452

En la Figura 6, se observa que el tiempo de fragua final del concreto están relacionada linealmente con las dosis de sacarosa. La regresión lineal del tiempo de fragua final (TFF) sobre la dosis de sacarosa (D), se aprecia en la Tabla 9.

**Tabla 9**

Regresión lineal y coeficiente de correlación.

Código	Regresión lineal	Coefficiente de correlacion (R)
Tiempo de fragua inicial	TFF = 208.17+ 44.833D	0.96384646

**Resistencia a la compresión**

a. Resistencia a la compresión del concreto patrón

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión, para la mezcla f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>, a edades de 1, 3, 7, 28 y 60 días, pueden apreciarse en la Tabla 10.

**Tabla 10**

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades del concreto f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>.

Código	% Dosis sacarosa	Resistencia a la compresión kg/cm <sup>2</sup>				
		1 día	3 días	7 días	28 días	60 días
P	Patrón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	78.84	163.34	206.79	253.91	269.71

b. Resistencia a la compresión del concreto con sacarosa

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión para diferentes dosis de sacarosa (0.01 %, 0.07 %, 0.14 %, 0.20 %, 0.25 %, 0.28 %, 0.34 % y 0.40 %) con respecto al peso del cemento referido al concreto patrón f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>, a edades de 1, 3, 7, 28 y 60 días, pueden apreciarse en la Tabla 11, Figura 7.

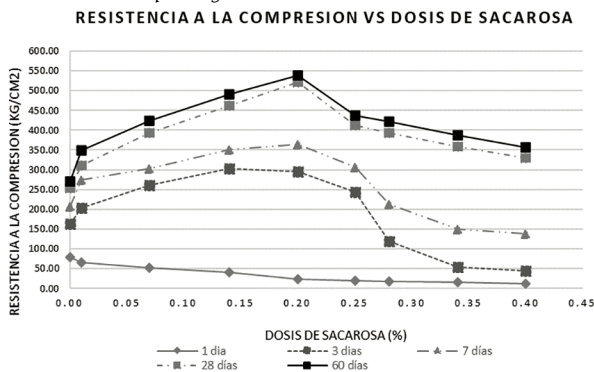
**Tabla 11**

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con dosis de sacarosa para diferentes edades del concreto.

Código	% Dosis sacarosa	Resistencia a la compresión kg/cm <sup>2</sup>				
		1 día	3 días	7 días	28 días	60 días
P	Patrón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	78.84	163.34	206.79	253.91	269.71
AB-0.01	0.01	65.33	203.67	274.33	309.67	348.00
AB-0.07	0.07	52.33	261.67	302.67	393.33	423.33
AB-0.14	0.14	40.33	303.33	351.33	462.33	490.33
AB-0.20	0.20	23.33	295.83	363.56	520.84	538.07
AB-0.25	0.25	20.33	242.67	306.00	411.33	437.51
AB-0.28	0.28	18.00	119.00	212.33	392.67	420.90
AB-0.34	0.34	15.00	53.68	150.21	358.21	387.26
AB-0.40	0.40	12.00	44.00	137.67	329.33	357.41

**Figura 7**

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con dosis de sacarosa para diferentes edades del concreto.



En la Figura 7, se observa que la resistencia a compresión del concreto está relacionada linealmente a 1 día y polinómicamente a 3, 7, 28 y 60 días con las dosis de sacarosa. La regresión lineal y polinómica de la resistencia a la compresión (R) sobre la dosis de sacarosa (D), se aprecia en la Tabla 12.

**Tabla 12**

Resumen del tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de 4" con diferentes dosis de sacarosa.

Edad (días)	Ecuación	Regresión	Coefficiente de correlacion (R)
1	$R = 66.519 - 161.64D$	Polinómica lineal	0.95131488
3	$R = 189.42 + 1189.7D - 4215.6D^2$	Polinómica 2 grado	0.902718118
7	$R = 240.65 + 1189D - 3887.6D^2$	Polinómica 2 grado	0.895265324
28	$R = 282.87 + 1745D - 4288.7D^2$	Polinómica 2 grado	0.896827743
60	$R = 310.64 + 1719.8D - 4219D^2$	Polinómica 2 grado	0.893532316

## Discusión

### Consistencia del concreto

Respecto al objetivo N° 01, después de haber realizado el trabajo de investigación, se puede apreciar que el uso de la sacarosa mejora la consistencia en el tiempo y su trabajabilidad del concreto para ser bombeable.

En el caso de la consistencia, se ha incrementado con el uso de la sacarosa como aditivo, se ha obtenido mayores asentamientos iniciales de 6¾" hasta 9¾" y mayores tiempos de retención del asentamiento de 28 minutos hasta 70 minutos en función a las dosis de sacarosa con respecto al concreto patrón  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$  de 4".

Rodríguez (2011) manifiesta que se "Debe tener una trabajabilidad mínima, al finalizar el bombeo, ya que muchos hormigones pueden ser transportados mediante bombeo, pero al llegar al punto de colocación no tienen las propiedades adecuadas como para poder ser utilizados para su función" (p. 14).

### Ganancia de sólidos (GS)

Respecto al objetivo N° 02, el caso del tiempo de fraguado se ha retardado con el uso de la sacarosa como aditivo, las mezclas diseñadas para un  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  para las diferentes dosis de sacarosa, experimentan, en su gran mayoría, retraso en el tiempo de fraguado con respecto al concreto patrón, siendo estos volares mayores para la dosis de 0.20 % de sacarosa respecto del tiempo de fraguado inicial y dosis de 0.40 % de sacarosa respecto del fraguado final.

Al respecto, Mego (2019) manifiesta que:

Se concluyó que el aditivo sika retarder y la azúcar blanca influyen en todas sus dosificaciones como efecto retardante; en efecto a la resistencia y efecto para la fluidez del concreto, además se pudo demostrar mediante ensayos que el aditivo comercial sika retarder pe es un poco mejor que el aditivo no convencional que viene hacer la azúcar blanca, pero estos dos aditivos con respecto al concreto patrón vienen hacer mejor. (p. 90)

### Resistencia a la compresión del concreto

Respecto al objetivo N° 03, el desarrollo de las resistencia a la compresión se han incrementado, las mezcla diseñada para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con dosis de sacarosa por debajo e igual a 0.20 %. La resistencia a la compresión del concreto crece conforme incrementa la dosis suministrada; sin embargo, para dosis superiores a 0.20 %, la resistencia a la compresión del concreto experimenta un decrecimiento, no obstante, ese valor se encuentra mayormente por encima de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón.

Ante ello, Mego (2019) manifiesta que:

Se pudo demostrar la hipótesis que la azúcar blanca si influye en la resistencia a compresión del concreto en dosis de 0.075 %, logrando incrementar porcentualmente en 8 días de 1.45 %; en 14 días incrementa 3.33 % y a los 28 días incrementa 5.03 % 93 con respecto al concreto patrón y en dosis de 0.15 % incrementa porcentualmente a los 8 días en 1.0 %, en 14 días de 1.12 % y a los 28 días 1.50 % con respecto al concreto patrón, pero si aumentamos la dosis de la azúcar blanca a un 0.25 %, la resistencia del concreto tiende a disminuir su resistencia a compresión a los 8 días disminuye en 3.58 %, a los 14 días disminuye a 3.31 % y a los 28 días disminuye 1.79 %. Se podría decir que si aumentas la dosificación del azúcar a 0.25 % a más esto traería problemas a la resistencia del concreto. (p. 92)

## Conclusiones

### Consistencia

- La incorporación de la sacarosa a las mezclas de concreto, ocasionó la variación de consistencia (incremento del asentamiento), debido a la reducción de tensión interfacial entre las moléculas; así mismo, genera una carga negativa a las partículas de cemento, provocando una dispersión electrostática producida por sacarosa sobre las partículas de cemento, lo cual genera una capa protectora alrededor de la partícula de cemento y libera agua del sistema, ello permite lubricar. Por tanto, los granos de cemento estarían bloqueados por una película hidrófoba.
- El asentamiento de cono, para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , experimentó incremento mínimo con dosis sacarosa 0.07 %, e incremento máximo con dosis de sacarosa de 0.34 %. Ver Tabla 13.

**Tabla 13**

*Asentamiento e incremento en porcentaje.*

Código	Dosis sacarosa (%)	Asentamiento (pulgadas)	Incremento de asentamiento (%)
AB-0.07	0.07	6¼	58.82
AB-0.34	0.34	9¼	129.41

- La sacarosa usada en dosis de 0.07 % y 0.34 % para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ; provocó que el asentamiento del concreto, alcance el incremento mínimo del 58.82 % y máximo de 129.41 %.
- La sacarosa suministrada a las mezclas de concreto, originó la prolongación del tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de cono de 4", debido a que la sacarosa incrementa inicialmente el asentamiento para luego perderse gradualmente.
- El tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de cono de 4", para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  (variación de consistencia en el tiempo), desarrolló un incremento mínimo con dosis de sacarosa de 0.01 % e incremento máximo con dosis de sacarosa de 0.20 %. Ver Tabla 14.

**Tabla 14**

*Tiempo transcurrido en alcanzar asentamiento de 4" e incremento en porcentaje.*

Código	Dosis sacarosa (%)	Tiempo transcurrido en alcanzar asentamiento 4" (minutos)	Incremento del tiempo transcurrido en alcanzar asentamiento 4" (%)
AB-0.01	0.01	28	21.74
AB-0.20	0.20	70	204.35

- La sacarosa usada en dosis de 0.01 % y 0.20 % para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ; provocó variación de consistencia en el tiempo, el tiempo transcurrido en

alcanzar un asentamiento del cono de 4" del concreto, logre un incremento mínimo del 21.74 % y máximo de 204.35 %.

### Tiempo de fraguado

- La adición de la sacarosa en las mezclas de concreto provocó en la mayoría de diseños de mezclas, con excepción de los diseños AB-0.34 y AB-0.40, retraso en el tiempo de fraguado con respecto al concreto patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , siendo estos valores mayores para las dosis de 0.20 % de sacarosa para el tiempo de fraguado inicial y 0.40 % para el tiempo de fraguado final. Los granos de cemento quedarían atrapados por una película hidrófoba, aislando durante algún tiempo, los granos del cemento del agua, lo que retardaría las reacciones de hidratación del cemento (fraguado).
- El tiempo de fragua inicial, para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , alcanzó su decrecimiento mínimo con dosis de sacarosa de 0.40 % de sacarosa, y su incremento máximo con dosis de sacarosa de 0.20 %. ver Tabla 15.

**Tabla 15**

*Tiempo de fragua inicial e incremento en porcentaje.*

Diseño de mezcla	Tiempo de fragua inicial		
Código	Dosis sacarosa (%)	TFI (minutos)	Incremento (%)
AB-0.20	0.20	215	152.94
AB-0.40	0.40	71	-16.47

- El tiempo de fragua final, para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , alcanzó su incremento mínimo con dosis de sacarosa de 0.01 %, y su incremento máximo con dosis de sacarosa de 0.40 %. Ver Tabla 16.

**Tabla 16**

*Tiempo de fragua final e incremento en porcentaje.*

Diseño de mezcla	Tiempo de fragua final		
Código	Dosis sacarosa (%)	TFF (minutos)	Incremento (%)
AB-0.01	0.01	295	22.92
AB-0.40	0.40	604	154.67

- En síntesis, la sacarosa usada en dosis de 0.01 % y 0.40 %; ocasionó que el tiempo de fraguado final del concreto, consiga un incremento mínimo del 22.92 % y máximo del 154.67 %.
- Los valores del tiempo de fragua inicial y final, obtenidos para las diferente dosis de sacarosa con respecto a  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , en su mayoría, no superan los límites establecidos por la norma ASTM para aditivos "Tipo F"



(-1:00 a +1:30 hrs: min), con excepción del diseño AB-0.14 y AB-0.20 para el tiempo de fraguado inicial y AB-0.07, AB-0.14, AB-0.20, AB-0.25, AB-0.28, AB-0.34 y AB-0.40 para el tiempo de fraguado final, que sobrepasa el límite superior fijado.

### Resistencia a la compresión

- La incorporación de sacarosa en las mezclas de concreto, ocasionó un incremento de la resistencia a la compresión a partir del tercer día para dosis debajo e igual a 0.20 %; sin embargo, para dosis superiores a 0.20 %, la resistencia a la compresión del concreto experimenta un decrecimiento, no obstante este valor se encuentra mayormente por encima de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , salvo para el diseño AB-0.35 y AB-0.40. La resistencia a la compresión a 1 día con todas las dosis de sacarosa, están por debajo de la resistencia a compresión patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .
- El ligero incremento de la resistencia a la compresión del concreto en un primer momento, se debe a que el efecto fluidificante de la sacarosa, produce una hidratación más eficaz y, por lo tanto, se genera una microestructura algo más homogénea que produce una cierta mejoría de la resistencia mecánica a compresión.
- Individualizaría los granos y, por ende, originaría una mejor dispersión y mezcla del cemento en el concreto, lo que podría explicar los importantes aumentos de resistencia, a partir de cierta edad; sin embargo, a partir de ciertas dosis de sacarosa, el valor de la resistencia disminuye debido a la inclusión de aire en la mezcla de concreto (efecto secundario de la sacarosa).
- La resistencia a la compresión logró alcanzar sus valores máximos con dosis de 0.20 % de la sacarosa, para a partir de la edad de 3 días con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . Ver Tabla 17.

**Tabla 17**

Resistencia a la compresión en porcentajes del concreto patrón, máximos.

Código	% Dosis sacarosa	(%) Resistencia a la compresión respecto al patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$				
		1 día	3 días	7 días	28 días	60 días
P	Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	100	100	100	100	100
AB-0.20	0.20	30	181	176	205	199

- La resistencia a la compresión logró alcanzar valores mínimos con dosis de 0.40 % de la sacarosa, hasta los siete días con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . Ver Tabla 18.

**Tabla 18**

Resistencia a la compresión en porcentajes del concreto patrón, máximos.

Código	% Dosis sacarosa	(%) Resistencia a la compresión respecto al patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$				
		1 día	3 días	7 días	28 días	60 días
P	Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	100	100	100	100	100
AB-0.40	0.40% SACA-ROSA	15%	27%	67%	130%	133%

- Se logró alcanzar resistencias mayores al 70 % respecto al concreto patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  (referente 28 días) en 3 días, para dosis de 0.01 %, 0.07 %, 0.14 %, 0.20 % y 0.25 % de sacarosa. Los valores obtenidos en los diseños con dichas dosis de sacarosa son: 80 %, 103 %, 119 %, 117 % y 96 %, respectivamente.

### Referencias bibliográficas

- Alcalde Ibañez, A. X. & Alcalde Ibañez, J. C. (2019). *Análisis comparativo de las principales propiedades mecánicas de un concreto: patrón, con aditivo natural (azúcar) y con aditivo chemaplast*. Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego. Archivo digital. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4641>
- Álvarez Guillen, Julio. (2017). *Azúcar como aditivo retardante y modificador de resistencia para mezclas de concreto*. Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Andrade, R.; Cadenas, E.; Pachano, E.; Pereira, L. M. & Torres, A. (2002). *El paradigma complejo. Un cadáver exquisito*. Universidad Interamericana de Educación a Distancia de Panamá.
- Apaza Pinto, N.Y. (2019). *Análisis comparativo del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  mediante el uso de la sacarosa para el aumento de la resistencia producido con cemento IP en la ciudad de Juliaca*. Tesis de pregrado, Universidad Peruana Union. Archivo digital. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2808?show=full>.
- Asocem. (2000). *Nueva norma para aditivos químicos*. Recuperado el 20 de noviembre de 2013, de [http://www.asocem.org.pe/bivi/RE/DT/ADI/nueva\\_norma\\_aditivos\\_quimicos.pdf](http://www.asocem.org.pe/bivi/RE/DT/ADI/nueva_norma_aditivos_quimicos.pdf)
- ASTM. C127. (2001). *Standard test method for density, relative density (Specific gravity) and absorption of coarse aggregate*.
- ASTM. C128. (2003). *Standard test method for density, relative density (Specific gravity) and absorption of coarse aggregate*.

- ASTM.C136. (2001). *Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates*.
- ASTM.C143. (2000). *Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete*.
- ASTM.C143M. (2003). *Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete*.
- ASTM.C29/C29M. (2003). *Standard test method for bulk density ("Unit weight") and voids in aggregate*.
- ASTM.C33. (2003). *Standard specification for concrete aggregates*.
- ASTM.C39M. (2003). *Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens I*.
- Álvarez Guillén, Julio. (2017). *Azúcar como aditivo retardante y modificador de resistencia para mezclas de concreto*, Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Comité ACI 318. (2005). *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI318S-05)*. Michigan, USA: FARMINGTON HILLS.
- Tebar, Gaspar. (1984). *Aditivos para hormigones, morteros y pastas*. Informes de la Construcción, 36 (359-360).
- Gomero Cervantes, B.W. (2006). *Aditivos y adiciones minerales para el concreto*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería. Archivo digital. <https://es.scribd.com/document/383147926/gomero-cbhttp://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4641>.
- Harman, J. (2005, noviembre). *Acción del aditivo reductor de agua de alto rango, tipo F en la resistencia y fluidez del concreto*. VI coloquio de química del cemento. Lima, Perú.
- Normas APA. (s.f.). Centro de Escritura Javeriano. Sexta edición.
- Mego-Delgado, J.C. (2019). *Evaluación del efecto retardante del aditivo sika retarder pe y la azúcar blanca, en elemento columna para un concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, en Lima 2019*. Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo. Archivo digital. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/37676>.
- NTP339.034. (2008). *CONCRETO: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima: INDECOPI.
- NTP 339.082. (2011). *Método de ensayo normalizado para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP339.035. (2009). *CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. Lima: INDECOPI.
- NTP339.088. (2006). *CONCRETO: Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. Lima: INDECOPI.
- Pasquel Carbajal, E. (1993). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima: Capítulo Peruano ACI.
- Rodrigo, M. (2011). *Desarrollo de un dispositivo para la determinación de la aptitud del hormigón para el bombeo*. Tesina de pregrado, Universidad Politécnica de Catalunya, España.
- Sabino, C. A. (2002). *El proceso de Investigación*. Venezuela: Panapo.
- Sotolongo, R.; Gayoso, R. & Gálvez, M. (1993). *Contribución al estudio de la sacarosa como aditivo retardador de la hidratación del cemento*. *Materiales de Construcción*, 43(230),37–39. <https://doi.org/10.3989/mc.1993.v43.i230.682>.
- Soto, L. F. (2019). *Efecto del azúcar de caña en las propiedades físicas y mecánicas de las pastas y morteros elaborados con cemento tequendam*. Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada, Cajica.
- Speicher, M. (2007). *Pérdida de consistencia del concreto en el tiempo a temperaturas inferiores o cercanas a cero*. Recuperado de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/157>
- Kosmatka, Steven H.; Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C. & Tanesi, Jussara. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. EE.UU: Portland Cement Association.
- Sung, M.; Jin, Y. & Hee, S. (2013), *Prediction on pipe flow of pumped concrete based on shear-induced particle migration*. *Construction and Building Materials*, 52,216-224. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2013.07.004>.
- Torre Carrillo, A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Civil.
- Walpole, R.; Myers, R.; Myers, S. & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: PEARSON.