

APLICACIÓN DE LA SACAROSA COMO ADITIVO PARA CONTROLAR JUNTAS FRÍAS EN EL CONCRETO

APPLICATION OF SUCROSE AS AN ADDITIVE TO CONTROL COLD JOINTS IN CONCRETE

José Omar Cotrina Salvatierra¹

¹ Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Continental.
E-mail: 71782560@continental.edu.pe

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo controlar las juntas frías en el concreto con aditivos específicos de sacarosa de 0,10 % y 0,40 % como una alternativa para la construcción. La dosificación de azúcar puede ser una posibilidad real para los países en desarrollo, ya que está disponible en grandes cantidades y representa una fuente de consumo humano continua, además demostrar cómo esta adición de azúcar influye adecuadamente en las juntas frías en el concreto y no solo analizar su comportamiento, sino también de reducir costos en los proyectos de construcción.

Palabras clave: Juntas frías; concreto; sacarosa; asentamiento; fraguado.

Abstract

This research aims to control the cold joints in the concrete with specific additives 0.10% and 0.40% sucrose as alternative for construction. The dosage of sugar can be a real possibility for developing countries since it is available in large quantities and represents a source of continuous human consumption, also demonstrate how this addition of sugar properly influences the cold joints in the concrete in order not only to see its behavior but also to reduce costs in construction projects.

Keywords: cold joints; concrete; sucrose; settlement; setting.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las funciones que cumplen los aditivos químicos en la tecnología del concreto es retardar la fragua, hecho que influye en la hidratación del cemento que tiene una lenta formación de los hidratos [1]. En las construcciones con concreto, de grandes extensiones de área, se originan diferencias en la resistencia por sectores de vaciado, a consecuencia de grandes intervalos de tiempo, por diferentes factores que originan las juntas frías.

La sacarosa en dosis de 0,10 % a 0,40% permite controlar la aparición de juntas frías en concretos masivos. Tiene como propósito influir tanto en la minimización de costos como en la optimización del tiempo a selección del aditivo y el contenido de adición debe garantizar el efecto retardador durante

el período inicial, favoreciendo el incremento de las propiedades mecánicas a edades avanzadas.

El objetivo principal es controlar las juntas frías con dosis de 0,10 % a 0,40 % de sacarosa en concretos masivos. La hipótesis está relacionada si al hacer uso de dosis de 0.10% y 0.40% la sacarosa disminuirá la aparición de juntas frías en concretos masivos y si el diseño de mezcla con la dosis de sacarosa no influirá en la resistencia final.

II. RESULTADOS

a) Caracterización de los agregados- Pilcomayo

Los agregados influyen en el concreto, tanto en el estado fresco como en el endurecido, y la efectividad en el procedimiento de control de calidad

tiene su efecto en las variaciones de las propiedades del concreto [2]. Por tal motivo, las caracterizaciones de los agregados finos (arena) y gruesos (piedra) hasta el concreto fresco y/o endurecido se realizan según la *Norma Técnica Peruana* (en adelante NTP).

En la Tabla 1 se muestran los resultados de los agregados de la cantera de Pilcomayo (agregado fino y agregado grueso), realizados mediante ensayos de acuerdo con la NTP y la American Society for Testing Materials (ASTM). Para hacer el diseño de mezcla, se añadió 0,10 % y 0,40 % de sacarosa en el concreto; todas las dosis están en función al peso de una bolsa de cemento de 42,5 kg.

Las Figuras 1 y 2 muestran las curvas granulométricas de agregados fino y grueso que están dentro de los parámetros Husos C y 56, respectivamente, que son los límites permisibles.

Tabla 1. Caracterización de agregados

	Caracterización de los agregados	
	Ar	Pd
P. específico	2.55	2.61
Humedad	3.73	0.4
Absorción	2.25	1.42
PUS	1723	1484
PUC	1903	1680
MF	2.84	7.58
Tnmax		3/4
Tmax		1
Dnmax		1

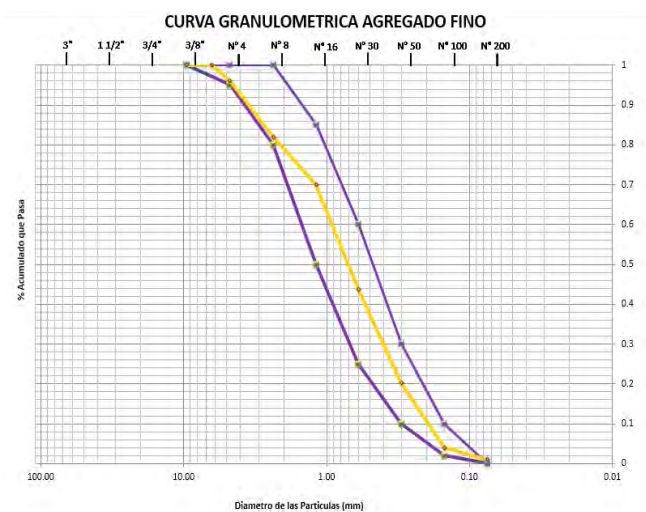


Figura 1. Granulométrica agregado fino – Huso C

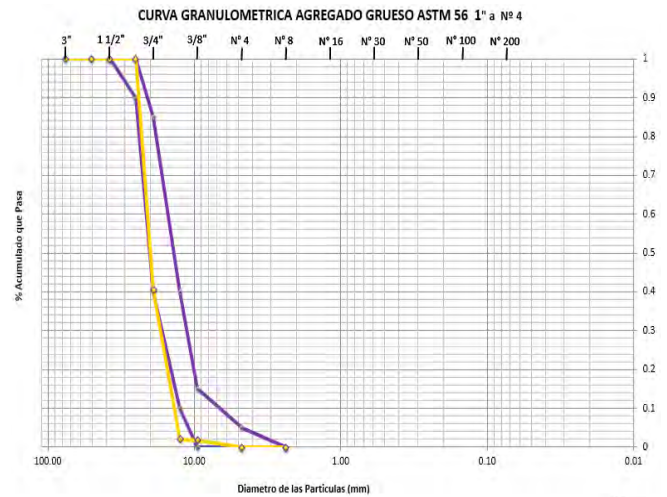


Figura 2. Granulometría agregado grueso – Huso 56

El módulo de finura de agregado fino en el concreto es resistente, del agregado grueso su finura es gruesa y en su peso específico es un agregado normal.

b) Diseño de mezcla por el método global con aditivo

El diseño de mezcla por el método global logra una óptima trabajabilidad y resistencia, así mismo se obtienen cantidades de cemento, agua, piedra, arena, % aire para utilizar en proporción del cemento.

Tabla 2. Proporciones de acuerdo con la dosis

	Descripción	Dosis 0,00 %	Dosis 0,40 %	Dosis 0,10 %
	1 bolsa (kg)	½ bolsa	1/2 bolsa	1/2 bolsa
C	42,5	21,25	21,25	21,25
H ₂ O	27,2	13,6	13,6	13,6
Pd	115,6	57,8	57,8	57,8
Ar	131,33	65,67	65,67	65,67
Dosis		0 g	21,25 g	85 g

c) Propiedades de la sacarosa y su uso como aditivo

Los aditivos pueden ser materiales orgánicos o inorgánicos. Un aditivo retardador trabaja sobre el aluminato tricálcico retrasando la reacción [3]. En los antecedentes de investigación se muestra que la sacarosa cumple como aditivo retardador, pero hasta cierta cantidad.





En la Figura 3 se pueden observar las características y parámetros conceptuales a los que se puede aplicar un aditivo retardador. Se evidencia, además, que las acciones y funciones que cumple la sacarosa se asemejan a un aditivo de Tipo D, que es un reductor de agua y retardador. En la Tabla 3 se hace una comparación determinada de la sacarosa y un aditivo Sika Plastiment TM 12.

Tabla 3. Propiedades de la sacarosa y el aditivo químico Plastiment.

Propiedad	Azúcar (sacarosa)	Aditivo Sika Plastiment TM 12
Estado físico	Sólido	Líquido
Color	Rubio	Marrón claro
Solubilidad	Soluble en agua	Miscible
Ph	8 a 8,5	9 +/- 1,0
Densidad	1,59 g/cm ³	1,17 +/- 0,02 g/cm ³

Fuente: http://www.complejocartavio.com.pe/productos_AzuRubiaDomestica.html

Plastiment® TM 12

Retardante de Fragua Reductor de Agua

Descripción

General Aditivo plastificante y retardante de fragua, exento de cloruros.

Campos de aplicación

- Vaciado de concreto en tiempo caluroso.
- Vaciado de concreto en grandes volúmenes.
- Evita juntas frías en faenas continuas.
- Concreto premezclado.
- Transporte de concreto a largas distancias.
- Concreto bombeado.

Figura 3. Propiedades del aditivo reductor de agua y retardador

d) Composición físico-química del azúcar o sacarosa rubia (C₁₂H₂₂O₁₁)

Es el producto sólido cristalizado obtenido directamente del jugo de la caña de azúcar (*Saccharum*), mediante procedimientos apropiados; está constituido esencialmente por cristales de sacarosa.



Figura 4. Empresa Complejo agroindustrial CARTAVIO S. A. A.

En la Tabla 4 se muestran las especificaciones técnicas de la sacarosa para trabajar con enlaces químicos en el concreto con el aluminato tricálcico, para retrasar la acción y así hacer el control de las juntas frías en paños de concreto, y evitar las fisuras con la adición de sacarosa en dosis del 0,10 % y 0,40 %. Sin embargo, según [2], hay que tener cuidado con el exceso de las sobredosificaciones ya que podría bajar la resistencia del concreto. Por lo tanto, el uso de la sacarosa en cantidades mayores puede también traer efectos negativos al concreto, por lo que se busca optar por una dosificación óptima.

Tabla 4. Características fisicoquímicas de la sacarosa

Características fisicoquímicas	Especificaciones técnicas
Polarización	Mínimo de 98,5 % / Máximo de 99,60 %
Humedad (% w/w)	Máximo de 0,4 %
Cenizas (% w/w)	Menor o igual a 0,40 w/w (por conductividad)
Azúcar invertido (% w/w)	Máximo de 0,35 %
Color	Menor de 1500 unidades ICUMSA
Sedimentos	No mayor a 400 mg/kg
Características microbiológicas	Requisitos
Microorganismos aerobios mesófilos viables	Menor de 100 ufc/ 10 g
Características Sensoriales	Requisitos
Apariencia	Ausencia de cuerpos extraños fácilmente detectables
Otras características	Requisitos
Empaque	Empaque aprobado para uso alimenticio por las autoridades nacionales de salud.
Rotulado	De acuerdo con lo establecido en el Decreto Supremo N.º 007-98-SA y la Ley de Rotulado N.º 28405
Almacenamiento	Almacenado según normas legales Decreto Supremo 007-98-SA Artículo 72°. Almacenamiento bajo techo, sobre parihuelas limpias y secas, y en almacenes que permiten la circulación de aire.

Fuente: http://www.complejocartavio.com.pe/productos_AzuRubiaDomestica.html

e) Granulometría de la sacarosa

En la Figura 5 se presenta la curva de gradación de la sacarosa en dosis de 0,10 % y 0,40 % para ser diluida con el agua; en la Figura 6 se muestra cómo se desarrolló el tamizado del azúcar y en la Tabla 5 se observan los resultados obtenidos.

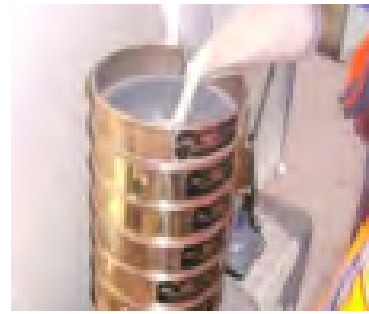


Figura 6. Tamizado del azúcar

Tabla 5. Gradación de la sacarosa

Gradación del azúcar rubia				
Tamiz	Peso	%		
ASTM	Ret.	Ret.	Ret.	%
		parcial	acum.	acum.
1 1/2»		0	0	100
1»		0	0	100
3/4»		0	0	100
1/2»		0	0	100
3/8»		0	0	100
1/4»		0	0	100
Nº 4	0	0	0	100
Nº 8	0	0	0	100
Nº 16	36	7,2	7,2	92,8
Nº 30	381	76,2	83,4	16,6
Nº 50	75	15	98,4	1,6
Nº 100	3	0,6	99,0	1
Nº 200	0	0	99,0	1
F	5	1	100	0
Total	500		2,88	

f) Tiempo de fragua con dosificaciones de azúcar (0,0 %, 0,10 % y 0,40 %)

En la Tabla 6 se muestran los tiempos del fraguado sin dosificación de azúcar: el fraguado inicial es de 2 horas con 10 minutos y el fraguado final, de 2 horas con 27 minutos.

Tabla 6. Tiempo de fragua inicial y final sin dosis

Patrón (dosis 0,00 %)	
TFI (min)	TFF (min)
130	147

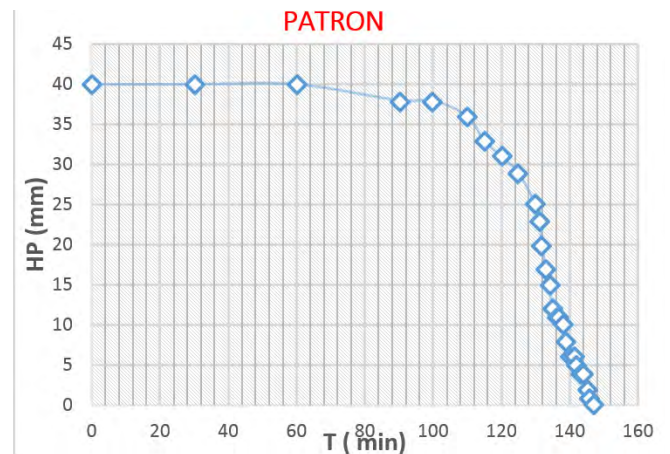


Figura 7. Tiempo de fragua sin dosis de azúcar o patrón



Figura 5. Curva granulométrica de la sacarosa

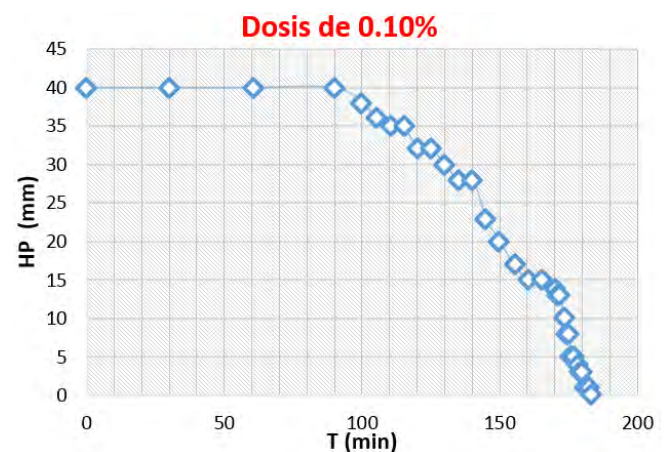


Figura 8. Tiempo de fragua con dosis de 0,10 %



En la Tabla 7 se visualiza el tiempo de fraguado con dosis de 0,10 %; para el fraguado inicial fueron 2 horas con 23 minutos y el fraguado final se hizo en 3 horas con 3 minutos.

Tabla 7. Tiempo de fraguado con dosis de 0,10 %

Patrón (dosis 0.10%)	
Tiempo de fragua inicial (min)	Tiempo de fragua final (min)
143	183

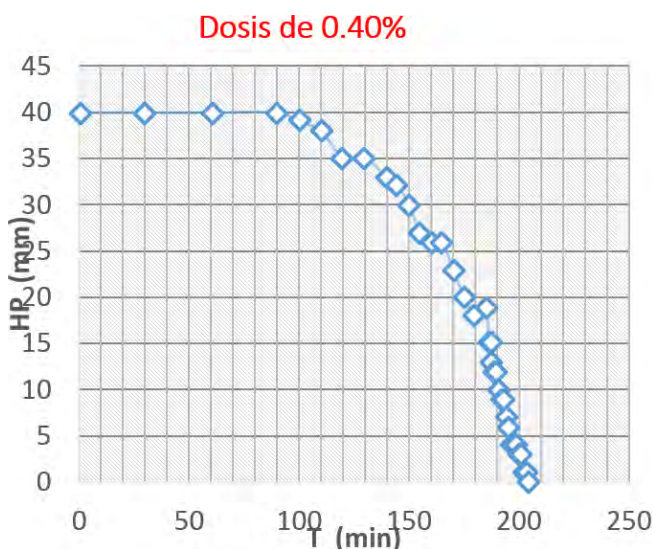


Figura 9. Tiempo de fragua con dosis de 0,10 %

En la Tabla 8, con una dosificación de 0.40%, se obtiene un fraguado inicial de 2 horas con 47 minutos y un fraguado final de 3 horas con 24 minutos.

Tabla 8. Tiempo de fragua inicial (FI) y final (FF) con dosis de 0,40 %

Patrón (dosis 0,40 %)	
TFI (min)	TFF (min)
167	204

Según [1], la muestra deberá ser empleada dentro de los 15 minutos siguientes, para que en este tiempo esté protegida ante cualquier acción de agentes atmosféricos. Estos ensayos deben ser de consistencia (asentamiento) y temperatura del concreto fresco.

g) Asentamiento (*slump*)

En la dosis de 0 %, es decir sin sacarosa, tenemos un asentamiento de 5 ½».

El asentamiento de un concreto patrón, como se observa en la Figura 10, determina que el concreto tiene una *consistencia plástica*.



Figura 10. Asentamiento del concreto de 5 ½»

Si la dosis de sacarosa en el concreto es de 0,10%, se obtiene un asentamiento de 7 ¾».



Figura 11. Asentamiento del concreto de 7 ¾»

En el último ensayo, realizado con una dosis más alta de sacarosa (0,50 %), se obtuvo un asentamiento de 9 ½».



Figura 12. Asentamiento del concreto de 9 ½»

Por lo tanto, el asentamiento de un concreto especial con sacarosa de 0,40 % determina que el concreto tiene una *consistencia Rheo plástica*.

Los ensayos de asentamiento para clasificar al concreto por su consistencia fueron realizados según [4]. De los resultados obtenidos, podemos deducir lo siguiente:

- La determinación del asentamiento (*slump*) de 3 vaciados son de 0,10 %, 0,40 % de sacarosa y una sin dosis (modelo patrón), se especifica que es más trabajable (facilidad con que se desplaza el concreto) proporcionalmente cuando se añade sacarosa en la mezcla de concreto.
- La trabajabilidad de cada dosis de sacarosa determina la manera cómo su fluencia de la sacarosa a través de una reacción química hidrófila que reacciona la pasta con el agua que influye en la hidratación del cemento.

h) Determinación de temperaturas

La determinación de la temperatura se realizó de acuerdo a la NTP, especificada en [5].

Tabla 9. Temperaturas del agregado, agua y concreto

Temperaturas	
	La temperatura del cemento es 12,6 °C.
	La temperatura de la piedra es 10,2 °C.
	La temperatura de la arena es 9,5 °C.
	La temperatura del H ₂ O es 12,1 °C.
	La temperatura del concreto es 22,5 °C.
	La temperatura ambiente es 17,89 °C.

III. DISCUSIÓN

Con las características del agregado fino y grueso, se obtuvo el diseño de mezcla en la siguiente proporción:

- C:** 1
- H₂O:** 0,64
- Pd:** 2,69
- Ar:** 3,05
- Aire:** 2 %

Con relación a la media bolsa de cemento en peso, tenemos :

- C 21.25 kg
- H₂O 14.03 kg
- Pd 57,17 kg
- Ar 65,03 kg de sacarosa
- 21,25 gr (0,1 %) y
- 85 g (0,4 %).

La mezcla de concreto se realizó en tres tandas, los resultados se muestran en las Tablas 9 y 10.

Tabla 9. Resultados de las 3 dosis de asentamiento (*Slump*) y tiempo de fraguado

Características de concreto en estado fresco	M1 sin azúcar	M2 con 21,25 g de azúcar	M3 con 85 % de azúcar
Slump	5 ½	7 ¾	9 ½
Tfi (min.)	130	143	167
Tff (min.)	147	183	204

Tabla 10. Resultados de las roturas de 3 y 7 días

Resistencia a compresión	M1 (0 %)	M2 (0,1 %)	M3 (0,4 %)
3 días	88,91	99,60	1,63
7 días	137,37	106,07	7,64

Al momento del vaciado, se observó que una mayor dosificación de azúcar produce (con respecto al patrón M1):

- **Mayor trabajabilidad**
 Dosis 0,1 % → 41 %
 Dosis 0,4 % → 72 %



- **Mayor tiempo de fragua inicial**

Dosis 0,1 % → 10 %

Dosis 0,4 % → 29 %

- **Mayor tiempo de fragua final**

Dosis 0,1 % → 25 %

Dosis 0,4 % → 39 %

IV. CONCLUSIONES

- La dosis de sacarosa al 0,40 % tiene un mejor tiempo de fragua en un 29 % más que un concreto normal, pero tiene menos de 98 % de resistencia.
- La dosis de sacarosa al 0,10 % tiene un 10 % más de tiempo en fraguado final y una resistencia inicial de 12 % más que un concreto normal, y es más admisible para juntas.
- Las dosis de sacarosa al 0,10 % y al 0,40 % son recomendables para grandes juntas frías y tienen una trabajabilidad de 41 % y 72 %, respectivamente.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer ensayos con otras dosificaciones de sacarosa para buscar un resultado más óptimo en resistencia, consistencia y trabajabilidad respecto a su asentamiento.
- En las dosis de sacarosa al 0,1 % y al 0,4 % se recomienda utilizar un aditivo incorporador de aire, debido a que durante el proceso de fraguado el concreto se encuentra expuesto a temperaturas menores a 0 °C (durante la noche).

- Según la roturación de los testigos, cuando se trabaja con el 0,1 % de azúcar, se recomienda desencofrar a los 3 días en una obra, ya que representa una resistencia al 12 % mayor a la del concreto patrón.

VI. AGRADECIMIENTO

Al Mg. Ing. Richard Hugo Reymundo Gamarra, por sus enseñanzas y el conocimiento compartido que nos ha permitido aprender nuevas experiencias.

VII. REFERENCIAS

- [1] GAYOSO, R., GALVEZ, R., CUBA, M., *Contribución al estudio de la sacarosa como aditivo retardador de la hidratación del cemento*. España, 1993.
- [2] RIVVA LÓPEZ, E. *Supervisión del concreto en obra*. Fondo Editorial del Instituto de la Construcción y Gerencia. Perú, 2004.
- [3] PASQUEL CARBAJAL, E. *Tópicos de Tecnología del concreto*. Segunda edición. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, 1999.
- [4] Norma Técnica Peruana: NTP 339.035 2009: Hormigón (concreto). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland INDECOPI N82C. Código N.º 624.18341
- [5] NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP) 339.184.2002: *Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas del hormigón (concreto)*. Resolución 048-2008/CNB-INDECOPI.