

“ANALYSIS OF THE EFFECTS OF THE ADDITION OF SODIUM BICARBONATE IN THE CONCRETE”

Chuquiruna Miranda, Leydy Verónica¹, Vásquez Peña, Jhordan Stuar.², Burga Chávez, Manuel Alexander.³, Castrejón Calderón, Edwin Alfredo.⁴, Taica Guevara, Jhon.⁵, Carrión Rabanal, Katia Nataly.⁶

^{1,3,5} Universidad Privada del Norte, Perú. N00303219@upn.pe, N00282339@upn.pe, N00301195@upn.pe.

^{2,4,6} Universidad Privada del Norte, Perú. Perú. N00311193@upn.pe, N00019228@upn.pe, Katia.carrion@upn.edu.pe

Abstract – The aim of this study was to determine the effects of sodium bicarbonate as an additive in concrete, by analyzing its properties in fresh and hardened states (temperature, slump, and compressive strength: In concrete with 0% and 10% bicarbonate; capillarity and absorption: In mortars with 0% and 10% dosage; and setting time: In paste with dosages of 0%, 10%, and 20%) and compare them with normal concrete. For this purpose, 3 samples were tested for each percentage, totaling 6 specimens, which were tested in the concrete laboratory of the Private University of the North, Cajamarca campus. Initially, the search for raw materials (fine and coarse aggregate) was conducted, which were subjected to a series of tests, along with cement to subsequently design the concrete. Subsequently, tests were conducted according to the standards that will be mentioned in a later chapter. As a result, the incorporation of bicarbonate leads to a 33.40% reduction in compressive strength; likewise, it can be noted that concrete with bicarbonate increases the temperature of the concrete, being 7.6°C higher than normal concrete. In terms of capillarity and absorption, samples with bicarbonate dosage obtained higher values, these being more than double the results of samples without bicarbonate. Additionally, setting time was the most prominent test in this research, as samples with bicarbonate dosage obtained very high results, setting 89% faster than normal Type I cement (28 minutes). Finally, it was concluded that bicarbonate accelerates setting time, increases absorption and capillarity, as well as temperature, causing volume changes, which in turn abruptly damages and reduces the strength of the concrete.

Keywords: Concrete, sodium bicarbonate effects, setting time, temperature, strength, capillarity, and absorption.

“ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ADICIÓN DE BICARBONATO DE SODIO EN EL CONCRETO”

Chuquiruna Miranda, Leydy Verónica¹, Vásquez Peña, Jhordan Stuar.², Burga Chávez, Manuel Alexander.³, Castrejón Calderón, Edwin Alfredo.⁴, Taica Guevara, Jhon.⁵, Carrión Rabanal, Katia Nataly.⁶

^{1,3,5} Universidad Privada del Norte, Perú. N00303219@upn.pe, N00282339@upn.pe, N00301195@upn.pe.

^{2,4,6} Universidad Privada del Norte, Perú. Perú. N00311193@upn.pe, N00019228@upn.pe, katia.carrion@upn.edu.pe

Resumen – El objetivo de este trabajo fue determinar los efectos del bicarbonato de sodio como aditivo en el concreto, mediante el análisis de sus propiedades en estado fresco y endurecido (temperatura, asentamiento y resistencia a la compresión: En concreto con 0% y 10% de bicarbonato; capilaridad y absorción: En morteros con 0% y 10% de dosificación y fraguado: En pasta con dosificaciones de 0%, 10% y 20%) y compararlos con un concreto normal; para esto se ensayaron 3 muestras por cada porcentaje, siendo en total 6 probetas, las cuales fueron ensayadas en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte, sede Cajamarca. Inicialmente se realizó la búsqueda de las materias primas (agregado fino y grueso) las cuales fueron sometidas a una serie de ensayos, además de cemento para posteriormente poder diseñar el concreto. Subsecuentemente se realizaron los ensayos de acuerdo a las normas que serán mencionadas en un capítulo posterior. Como resultado, la incorporación bicarbonato genera reducciones de 33.40% en la resistencia a la compresión, así mismo se puede indicar que el concreto con bicarbonato aumenta la temperatura del concreto, siendo 7.6°C mayor a un concreto normal. En el caso de capilaridad y adsorción, las muestras con la dosificación de bicarbonato obtuvieron valores más altos, siendo estos resultados más del doble que los de las muestras sin bicarbonato. Así mismo, el control de fraguado fue el ensayo que más destacó de esta investigación, ya que las muestras con dosificación de bicarbonato obtuvieron resultados muy altos, fraguando un 89% más rápido que un cemento de tipo I normal (28 minutos). Finalmente, se llegó a la conclusión que el bicarbonato acelera el fraguado, aumenta la absorción y capilaridad, así como la temperatura, provocando cambios de volumen, lo que a su vez daña y reduce abruptamente la resistencia del concreto.

Palabras clave: Concreto, bicarbonato de sodio, efectos, fraguado, temperatura, resistencia.

I. INTRODUCCIÓN

La industria mundial de la construcción involucra la planeación, desarrollo y culminación de una amplia variedad de proyectos, siendo el concreto la piedra angular del progreso moderno, existiendo múltiples variaciones con propiedades que

se adaptan a cada necesidad, siendo una de estas la elaboración de concretos que contribuyan al medio ambiente; es por ello que desde hace algunos años se ha ido investigando nuevas formas de mejorar y reducir la huella de carbono de este material.

De esta manera, Admir Massic, profesor de ingeniería civil y ambiental en el MIT y autor principal del estudio “*Cementación de CO₂ en CSH (silicato de calcio hidratado: componente estructural en el cemento hidratado): un paso hacia la neutralidad de carbono concreta*”[1], adiciona bicarbonato de sodio (NaHCO₃) como clave para un nuevo proceso de carbonatación que permite la absorción de CO₂ y otorga un fraguado más rápido, sin afectar su rendimiento mecánico a corto plazo, por lo que se aumenta la productividad, al reducirse el tiempo de desencofrado; y duplica el desempeño mecánico del concreto en su etapa inicial[2].

Este proceso de carbonatación se genera cuando el concreto absorbe de manera natural el CO₂ de la atmósfera y pueden debilitar el material y disminuir la alcalinidad interna, lo que acelera la corrosión de las barras de refuerzo (acero), lo que finalmente destruye la capacidad de carga de las edificaciones y tiene impacto negativo en su rendimiento mecánico a largo plazo. Sin embargo, cuando este proceso empieza de forma temprana (durante la mezcla y vertido del material) lo que elimina los efectos negativos, siendo el bicarbonato de sodio (NaHCO₃) la clave del nuevo proceso; por lo que el concreto adquiere un fraguado más rápido al aumentar su temperatura sin afectar su rendimiento mecánico inicial (resistencia).

Así mismo, es necesario hablar sobre el bicarbonato de sodio,

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

que es un compuesto muy soluble en agua, contiene propiedades que pueden acelerar el fraguado y en altas concentraciones (mayores de 1000 ppm) puede afectar la resistencia del concreto [3], por lo que actuará como aditivo en la elaboración de este tipo de concreto.

Por ende, esta propuesta de nueva alternativa es relevante porque permitirá una mejora de las propiedades del concreto para su uso en climas fríos, así como, un fraguado más rápido e incrementará la resistencia inicial del concreto al utilizar un compuesto económico y de fácil obtención como el bicarbonato de sodio, el cual acelera los procesos de carbonatación de la mezcla al agregarse de manera diluida en el agua de diseño a la mezcla de concreto. Además de contribuir al medio ambiente. De esta manera, este trabajo de investigación tiene como principal objetivo: Determinar los efectos del bicarbonato de sodio como aditivo en 10% respecto a la cantidad de cemento, en el concreto, mediante el análisis de sus propiedades (temperatura, asentamiento, fraguado, resistencia a la compresión, capilaridad y absorción) y compararlos con un concreto normal.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación utilizada es del tipo experimental que se enfoca en la búsqueda y consolidación del conocimiento en base de su aplicación. Al igual que en la investigación habitual, el investigador identifica el problema, formula una hipótesis y luego experimenta para ponerla a prueba [4]. El programa experimental de este estudio comprendió la elaboración de diseños de mezcla donde la principal variante es el porcentaje de hidrógeno carbonatado de sodio añadido a estos. Específicamente se realizó un diseño de mezcla, siguiendo la normativa ACI 211.1[5], para 3 probetas de concreto sin ninguna adición y otro diseño para 3 probetas con una adición del 10% de bicarbonato de sodio. Posteriormente, se efectuaron los ensayos a los 6 especímenes cilíndricos.

Es necesario mencionar que se realizaron pruebas adicionales en las que no se trabajaron con los diseños de concreto, sino

que, con pasta y mortero, esto con mismo propósito y fin de poder explorar profundamente otras propiedades con la incorporación de bicarbonato.

A. Obtención de materiales

Para la elaboración de la mezcla de concreto se necesitaron materiales como:

- Cemento Pacasmayo tipo I, del cual se obtuvo la ficha técnica y se compararon las características con las requeridas en la NTP 334.009[5].

- Hidrógeno carbonatado de sodio o Bicarbonato de sodio de uso común, trabajándolo en diferentes dosificaciones con respecto al peso del cemento obtenido en el diseño de mezcla realizado.

- Las características del agua utilizada se tomaron en cuenta con la NTP E-060 [6], donde menciona que esta debe ser potable, limpia y libre de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos, u otras sustancias dañinas.

- Los agregados utilizados para el presente estudio se obtuvieron de la Cantera Aguilar ubicada en el distrito de Baños del Inca en la Provincia de Cajamarca, de los cuales se realizaron todos los ensayos correspondientes siguiendo las normativas establecidas para cada uno. Los ensayos con sus normativas para cada tipo de agregado se resumen en la Tabla 1.

TABLA 1
NORMATIVAS ESTABLECIDAS PARA LOS ENSAYOS DE
AGREGADOS

Ensayo	Normativa	
	A. grueso	A. fino
Contenido de Humedad	NTP 339.185	
Análisis Granulométrico	NTP 400.012	
Peso Unitario	NTP 400.017	
Pasante malla N°200	-	NTP 400.018
Densidad Relativa y Absorción	NTP 400.021	NTP 400.022

Nota. Elaboración propia (2023)

B. Mezcla de concreto

El diseño de la mezcla de concreto de control se realizó de acuerdo con el procedimiento establecido por el American Concrete Institute (ACI) [7], específicamente en su normativa 211.1. Esta entidad especifica las proporciones en peso (Kg) de materiales por metro cúbico (m³) partiendo de los resultados obtenidos en los ensayos realizados, teniendo en cuenta su normativa correspondiente. De esta manera se procedió a elaborar el primer diseño de mezcla de concreto tradicional y otro de concreto con una adición de bicarbonato de sodio, ambos elaborados para adquirir una resistencia de 360 kg/cm². La dosificación de bicarbonato seleccionada correspondió al 10% a razón del cemento. Las proporciones de los materiales utilizados para cada mezcla se resumen en la Tabla 2. Para la identificación de las mezclas, fueron introducidos los porcentajes de adición de bicarbonato utilizados.

TABLA 2
PROPORCIONES DE MATERIAL PARA EL DISEÑO DE
CONCRETO.

Resumen para 6 probetas cilíndricas		
Materiales	Normal	10%
Cemento (Kg/m ³)	10.1859	9.1673
Piedra (Kg/m ³)	17.470	17.470
Arena (Kg/m ³)	12.4272	12.4272
Agua (L/m ³)	3.9114	3.520
Bicarbonato (Kg/m ³)	0	1.02

Nota. Elaboración propia (2023)

En el proceso de mezcla del concreto sin adición, lo primero que se realizó fue pesar las cantidades obtenidas en el diseño, así mismo, en una probeta se midió el agua necesaria. Una vez obtenidos los pesos calculados se procede a encender el mezclador de concreto tipo trompo, donde se comienza a agregar los materiales secos (cemento, agregados fino y grueso), posteriormente se agrega el agua. Para el caso del concreto con 10% de bicarbonato de sodio, se trabajó con los pesos calculados en el diseño de mezcla con adición, posteriormente la única variación en el proceso de fabricación

de mezcla, es la disolución del bicarbonato en el agua ya medida y su incorporación en el trompo después de los materiales secos.

C. Procedimiento de ensayos al concreto fresco

1) *Temperatura:* Según lo establecido en la norma NTP 339.184 [8], el equipo de medición a emplear es un termómetro. Lo primero que se hizo fue introducir el equipo 75 mm y se dejó por un periodo de 2 a 5 minutos, una vez pasado un periodo dentro de este rango se toma la temperatura final, la cual será la temperatura de la mezcla. La norma menciona que una temperatura ideal está dentro de 10°C a 32°C.

2) *Asentamiento:* De acuerdo con la norma NTP 339.035 [9], en este ensayo se determinó la medida del asentamiento del concreto respecto a un molde cónico. Lo primero que se procedió a realizar es tener lista la mezcla de diseño, seguidamente se engrasa ligeramente el molde para evitar la pérdida de agua, luego se vertió el concreto en 3 capas, en cada una se debe compactar la mezcla a través de 25 varilladas y la última debe ser enrasada. Una vez lleno el molde, se procede a levantarlo verticalmente en un tiempo de 5 segundos. Finalmente, se da la vuelta al cono y se mide la diferencia de altura, la cual será la medida de asentamiento.

3) *Elaboración de especímenes:* Para el caso de la elaboración de las probetas cilíndricas con las mezclas obtenidas se tomó como referencia la NTP 339.033 [10], trabajándose con moldes de 150 mm de diámetro, la norma específica que con este tipo de molde se debe verter la mezcla fresca en 3 capas y cada capa debe tener 25 golpes de compactación con una varilla y 10 golpes con un mazo de goma. Finalmente, se enrazó y se dejó fraguar la mezcla dentro de un periodo de 24 hrs, una vez pasado este tiempo se retiraron las probetas de los moldes y se las puso en un estado de curado bajo agua.

D. Procedimiento de ensayos al concreto endurecido

Al cabo de 28 días de curado bajo agua se llevaron a cabo la cantidad de 2 ensayos, estos ensayos se realizaron con el objetivo de determinar el efecto de la adición de 10% de

bicarbonato de sodio, es decir como esta modifica las propiedades. Los ensayos realizados fueron:

1) *Resistencia a la compresión*: Este ensayo es realizado teniendo en cuenta la norma NTP 339.034. [11]. Los materiales empleados en este ensayo son: máquina de compresión y regla. Lo primero que se realizó fue la medida del área de la cara de la probeta con la regla, seguidamente se coloca la probeta en la máquina de compresión y se realiza la lectura de la carga y la deformación. Finalmente, se halla la resistencia a la compresión del espécimen a través de la división de la carga máxima alcanzada en el ensayo, entre el área calculada inicialmente. Algunas consideraciones que se deben tener para realizar el ensayo son:

- El eje axial de perpendicularidad y los extremos planos del espécimen no deben de alejarse más de 0.5°.
- Los especímenes que no tengan sus extremos planos dentro de 0.05 mm se pulen o se esmerilan.

2) *Esclerometría*: De acuerdo con la norma NTP 339.181 [12], este ensayo fue realizado con el propósito de determinar el índice de rebote en el concreto endurecido mediante el empleo de un martillo de acero activado por un resorte. Lo primero que realizó es lijar la base de la probeta, luego se colocan los 15 puntos de referencia separados a 25 mm, seguidamente se coloca el embolo perpendicularmente a la superficie de rebote, este se empuja hasta que impacte y se toma la medida en el instrumento. Finalmente, lo que se debe hacer es un trabajo en gabinete debido a que se necesita trabajar con el ábaco dado por el instrumento y de igual manera emplear el factor de corrección en este caso debido a que es una probeta cilíndrica este factor es de 0.81.

E. Procedimiento de ensayos a la mezcla de pasta

1) Vicat

Según la norma NTP 334.006 [13], existen dos métodos A y B, trabajándose con la máquina Vicat Forney LA-4100(USA) operada manualmente se usó el método A. Los materiales usados son: aparato Vicat, probeta, paleta plana, anillo cónico

y una placa no absorbente. Lo primero que se realizó fue la preparación de la pasta, para esto se tuvo en cuenta la NTP 334.003: “Procedimiento para la obtención de pastas y morteros de consistencia plástica por mezcla mecánica”. Una vez obtenida la pasta, se realizó la formación de una masa esférica con está arrojándose 6 veces en cada mano. Luego se introduce la masa a modo de presión por el anillo tronco-cónico G, se retira el exceso del extremo mayor con la mano, seguidamente se colocó el anillo sobre la placa no absorbente y se enrasa con la espátula el extremo superior y se comenzó a determinar el tiempo de fraguado, para esto primero se realizó la primero penetración a los 30 primeros minutos, luego cada 15 minutos hasta que se obtuvo una penetración de 25 mm $1 \pm 2 \pm$, el cual determinará el tiempo de fraguado inicial, para obtener el tiempo de fraguado final la aguja del vicat no debe tener ninguna marca en mm des dispositivo (la aguja no debe perforar a nuestra muestra).

F. Procedimiento de ensayos a la mezcla de mortero

En la mezcla de morteros las cantidades de los materiales usados en esta mezcla se determinaron de acuerdo con el diseño del libro “Tecnología del concreto y mortero” del autor Sánchez de Guzmán, Diego [14]. Quien especifica las proporciones en peso de materiales para el mortero normal serán de una (1) parte de cemento y 2, 75 partes de arena gradada (patrón), usando una relación de agua – cemento de 0,485 para los cementos Portland y 0,460 para las que contienen aire. Las proporciones de los materiales para cada mezcla se resumen en la Tabla 3.

TABLA 3
Proporciones de material para el diseño de mortero.

Resumen para 6 morteros cúbicos		
Materiales	Normal	10%
Cemento (gr)	245.6	221.04
Arena (gr)	1588.18	1588.18
Agua (ml)	168.37	141.47

Bicarbonato (Kg/m ³)	0	24.56
----------------------------------	---	-------

Nota. Elaboración propia (2023)

Los ensayos realizados al mortero endurecido después de 7 días de curado son los siguientes.

1) *Capilaridad*: De acuerdo con la norma UNE en 1015-18:2003 [15], este ensayo se determinó con las muestras cúbicas de los morteros con su edad mínima de 07 días de fraguado. Se procede a medir las muestras con el vernier y determinar el promedio de cada dimensión y colocar en el Horno a una temperatura de 100°C por 24 horas, para que el peso sea constante y determinar el peso seco de la muestra.

Luego, con ayuda de un marcador se trazó un centímetro en todos los cubos desde su base, para posteriormente con ayuda de una bandeja y unos tacos de madera, llenar la bandeja de agua para hacer coincidir la marca ya hecha con la altura del agua. Procedemos a esperar 3 horas, para finalizado este tiempo ir a retirar los cubos del agua con mucho cuidado y pesarlo.

2) *Absorción*: Según la ASTM C1506-17 [16]. Donde, a los cubos se los sumergió por 24 horas, para luego, pesarlos, para determinar el peso saturado. Luego se colocan todas las muestras al horno a una temperatura de 200°C por 24 horas, hasta peso constante. Para posteriormente, determinar el peso seco de la muestra y por medio de diferencias obtener el peso del agua absorbida por los morteros.

III. RESULTADOS

A. Propiedades de los agregados

TABLA 4
RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS A LOS
AGREGADOS UTILIZADOS EN LA MEZCLA DE CONCRETO

Ensayo	Propiedad	Resultado
Granulometría AF	M. finura	2.7
	M. finura	6.7
Granulometría AG	T.M	1"
	T.M.N	3/4"
Contenido de humedad	A.F	3.40%
	A.G	0.21%
Absorción	AF	1.90%
	AG	4.19%

	PeM	2.58
Peso específico AF	PeSSS	2.63
	PeA	2.72
Peso específico AG	PeM	2.59
	PeSSS	2.7
PUSS	PeA	2.91
	A.F	1657.17
PUSC	A.G	1387.05
	A.F	1765.49
Malla N 200	A.G	1443.17
	% que pasa	4.20%

Nota. En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de realizar los ensayos tanto para el agregado fino como para el grueso. Los procedimientos están basados en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) descritas en la Tabla 1.

B. Temperatura del concreto

TABLA 5
TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO

Tiempo de ensayo	3 minutos
Muestra	Temperatura
Sin Bicarbonato	23.6 °C
Con 10% de Bicarbonato	27.1 °C
Con 20% de Bicarbonato	31.2 °C

Nota. En la tabla anterior se muestran las temperaturas tomadas al concretos elaborados sin bicarbonato, con 10% de bicarbonato y con 20% de bicarbonato, observándose que mientras mayor es la cantidad de bicarbonato agregada mayor es la temperatura a los 3 minutos de haber fabricado el concreto.

C. Asentamiento del concreto

TABLA 6
ASENTAMIENTO DEL CONCRETO

Adición de bicarbonate	Asentamiento (pulg)	Consistencia
0%	3.937	Plástica
10%	2.756	Seca

Nota. En la tabla anterior se evidencian las consistencias de los concretos elaborados sin bicarbonato y con 10% de bicarbonato, obteniendo que la mezcla sin adición tiene una consistencia plástica, mientras que la mezcla con 10% de bicarbonato tiene una consistencia seca.

D. Resistencia a la compresión



Fig. 1 Resultados Gráficos obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión

Nota. En la Fig. 1 se puede observar el gráfico de esfuerzo vs deformación, donde la resistencia a la compresión de los especímenes sin adición es mayor (399.905 kg/cm²) a la de especímenes con 10% de bicarbonato (243.209 kg/cm²). Esto se puede ver de manera detallada en la Fig. 2.

TABLA 7
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILINDRICOS

Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos		
Adición de bicarbonato	0%	10%
PROMEDIO	388.889	240.757
S	12.30	3.26
CV (%)	3.163	1.355

Nota. En la tabla 7 se puede observar que el promedio de la resistencia a la compresión de las probetas que no tienen adición de bicarbonato de sodio es mayor al de las que si tienen este producto.

E. Esclerometría

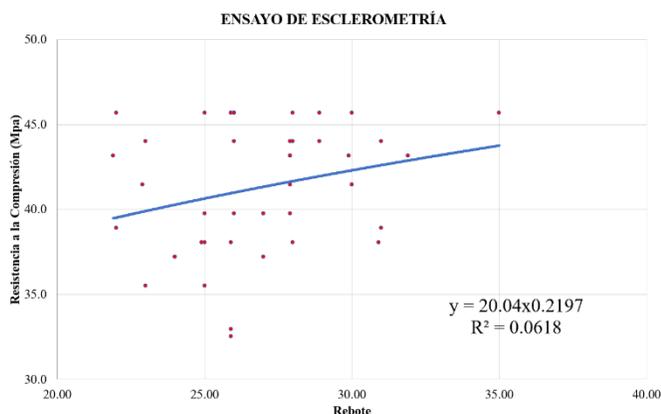


Fig. 2 Resultados Gráficos obtenidos del ensayo de esclerometría en probetas sin adición

Nota. Fig. 2 se puede observar los 45 puntos distribuidos gráficamente con la línea de tendencia y su fórmula. A partir de estos resultados la resistencia a la compresión por el método no destructivo de esclerometría máxima es de 45.7 MPa y el promedio general de los resultados es de 41.4 MPa.

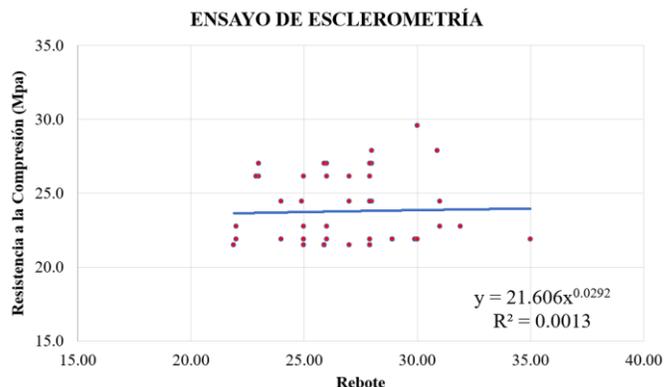


Fig. 3 Resultados Gráficos obtenidos del ensayo de esclerometría en probetas con 10% de bicarbonato.

Nota. Fig. 3 se puede observar los 45 puntos distribuidos gráficamente con la línea de tendencia y su fórmula. A partir de estos resultados la resistencia a la compresión por el método no destructivo de esclerometría máxima en probetas con 10% de bicarbonato es de 29.6 MPa y el promedio general de los resultados es de 23.9.

F. Volumen de los especímenes de concreto

TABLA 8
VOLUMEN DE LOS ESPECÍMENES CILINDRICOS DE CONCRETO

Volumen promedio de especímenes de concreto	
Adición de bicarbonato	Volumen (cm ³)
0%	4266.899
10%	4627.207

Nota. En la tabla anterior se muestran los promedios de volúmenes de 3 testigos de concreto elaborados sin bicarbonato y con 10% de bicarbonato. Observándose que las probetas con contenido de bicarbonato poseen un mayor volumen.

G. Vicat o tiempo de fraguado

TABLA 9
TIEMPO DE FRAGUADO

TIEMPO DE FRAGUADO	FICHA TECNICA	Cemento Tipo 1	10% de bicar.	20% de bicar.
Fraguado inicial min	138	135	59	8
Fraguado final min	267	210	135	28

Así mismo, en la Fig.5 se puede observar de manera gráfica y detallada como es que el tiempo de fraguado varía con la adición de bicarbonato.

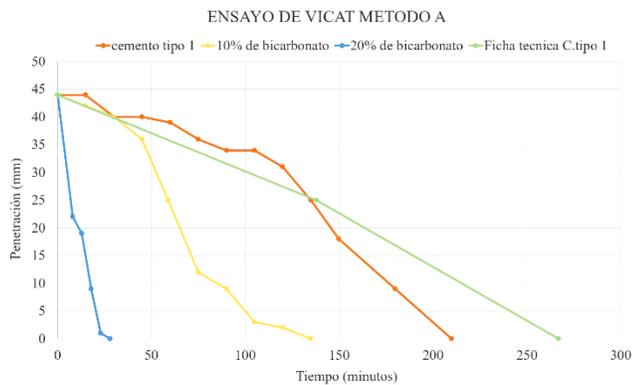


Fig. 5 Resultados Gráficos obtenidos del ensayo de vicat

Nota. En la Tabla 9 y Fig. 5 se muestra una comparación entre los tiempos de fraguado de lo especificado en la ficha técnica del cemento tipo 1, la pasta elaborada sin bicarbonato y con 10% y 20% de bicarbonato. Observándose un fraguado más rápido conforme aumenta la cantidad de bicarbonato agregada.

H. Capilaridad

TABLA 10
CAPILARIDAD DE MORTEROS

Capilaridad de morteros		
Adición de bicarbonato	0%	10%
Promedio (gr*t/cm2)	157.944	341.519
S	0.14	0.67
CV (%)	0.0889	0.1976

Nota. En la tabla podemos observar el promedio de 3 muestras de mortero con y sin la adición de bicarbonato, donde la muestra con 10% de bicarbonato tiene mayor capilaridad.

I. Absorción

TABLA 11
GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MORTEROS

Grado de absorción de los morteros		
Adición de bicarbonato	0%	0%
Promedio	11.1081%	23.0008%
S	0.0025	0.00015
CV (%)	0.0222	0.0007

Nota. En la Tabla 11 se muestran los promedios de absorción de 3 muestras de morteros elaborados sin bicarbonato y con 10%, teniendo estos una diferencia de 11.89% de absorción

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo discutiremos los resultados obtenidos del estudio sobre la influencia del bicarbonato en el concreto,

mortero y pasta y como este afecta o modifica sus propiedades. De igual forma, se explora la relación de estos resultados con las expectativas iniciales y destacando su relevancia en función a las normativas establecidas y a los estudios previos investigados.

La temperatura: Para las muestras de concreto sin bicarbonato la temperatura registrada fue de 23,6°C, para muestras con 10% de bicarbonato, la temperatura registrada fue de 27.1 °C y para muestras con 20% de bicarbonato, la temperatura fue de 31.2°C, concluyendo que a los pocos minutos de haber preparado la muestra la temperatura de los concretos con bicarbonato aumentaban notablemente, y la muestra con 20% de bicarbonato se acercaba a la temperatura máxima establecida para un concreto [9], lo que conlleva a un fraguado más rápido.

El asentamiento: se evidenció que para las muestras con bicarbonato la trabajabilidad disminuye con respecto a las muestras sin bicarbonato, obteniendo valores de 6.98 cm (2.756") que representa una consistencia seca y 9.98 cm (3.937") que representa una consistencia plástica respectivamente [10], deduciendo que al tener una alta temperatura el concreto produce fenómenos como la pérdida del asentamiento y fraguado temprano, que trae consigo resistencias iniciales altas, pero también se verificó que se reducen significativamente las resistencias a los 28 días. Además, comprobó que debido al aumento de la temperatura, el concreto se expande ligeramente (8.44 %), generando alteraciones en el volumen [19].

Resistencia a la compresión: En el caso de los resultados de resistencia a la compresión, por el método destructivo los testigos de concreto alcanzaron una resistencia promedio de 388.78 kg/cm², mientras que los con adición de bicarbonato al 10% obtuvieron una resistencia promedio de 239.73 kg/cm², siendo 33.40% menor al f'c de diseño que fue 360 kg/cm². De igual manera, cabe mencionar que los testigos de concreto sin adición tienen un diseño de mezcla satisfactorio, ya que cumple con las dos condiciones establecidas por la ACI 318-19, ya que el promedio aritmético de los tres especímenes es mayor al f'c de diseño; además ninguno de los resultados es menor al f'c de diseño.

Ahora bien, por el método no destructivo, específicamente el ensayo de esclerometría se observa que los testigos de concreto que tenían adición de bicarbonato tenían una resistencia baja a comparación de los rebotes que se obtuvieron de los testigos que tenían 0% de bicarbonato.

Fraguado: Para el caso de la pasta, el tiempo de fraguado fue mayor en los especímenes con adición de bicarbonato, resultando en el cemento con adición de bicarbonato de 20% un tiempo de fraguado final de 28 minutos, siendo 89.51% más rápido que el fraguado de la ficha técnica, así mismo con adición de 10% de bicarbonato se obtiene un fraguado en 135 minutos siendo 49.43% más rápido que el fraguado final de la ficha técnica del cemento tipo 1 de Pacasmayo.

Capilaridad de morteros: En el caso de la capilaridad resultó que para los morteros sin bicarbonato se tiene una capilaridad de 157.94 gr. min/ cm² mientras que los adicionados con 10% de bicarbonato alcanzaron una capilaridad de 341.51 gr. min/ cm² superando en más del doble el valor de la capilaridad de un mortero normal, entonces se puede afirmar que el bicarbonato al aumentar la temperatura y evaporar el agua a temprana edad genera vacíos al interior, dejando conductos por donde el agua puede ascender fácilmente.

Finalmente, la absorción de morteros: Los morteros con 10% de bicarbonato alcanzaron una absorción de 23% , absorbiendo más del doble de agua a comparación de los morteros normales los cuales solo llegaron a un porcentaje de absorción de 11.1%

V. CONCLUSIONES

Se elaboraron 6 testigos de concreto en total, cuya distribución fue de 3 para concreto sin bicarbonato y 3 para concreto con adición de 10% de bicarbonato.

A través del análisis de propiedades se evaluaron los efectos del bicarbonato de sodio en dosificación del 10%, respecto a la cantidad de cemento mediante el análisis de sus propiedades físicas y mecánicas.

Se observó que el bicarbonato aumenta la temperatura, fraguado, capilaridad, absorción, aunque también, se encontró una reducción de más del 50% en la resistencia a la compresión del concreto en base a su f'c de diseño, además, se evidenciaron cambios de volúmenes que afecta a las propiedades del concreto en estado fresco, incluido el asentamiento.

Se concretó que si bien el bicarbonato en adición del 10% respecto a la cantidad de cemento, reduce la resistencia del concreto, aún contribuye a la reducción de CO₂ y beneficia al medio ambiente, siendo de esta manera parte de los concretos ecológicos [21].

En conclusión, el concreto con adición de bicarbonato, no puede ser usado para fines estructurales en dicha dosificación, puede utilizarse como concreto de baja resistencia [22] en lugares con climas fríos y baja actividad sísmica, en proyectos que no requieran altas resistencias de concreto, como material de relleno, base para pavimentos livianos, para aislamiento térmico, veredas, canalización de aguas pluviales, etc.

RECOMENDACIONES

Se debe tener cuidado al momento de la elaboración del concreto, asegurándose de mover constantemente la mezcla, así como en su compactación.

Al realizar la mezcla con bicarbonato, tener en cuenta el proceso de fraguado, para evitar inconvenientes.

Al usar bicarbonato, los aspectos ya mencionados como

cambios en el asentamiento son normales, los cuales se podrían cambiar al utilizar un aditivo plastificante para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

Se sugiere la experimentación con más porcentajes de bicarbonato para un mejor estudio.

REFERENCES

- [1] Admir Massic (2023). Cementación de CO₂ en CSH (silicato de calcio hidratado: componente estructural en el cemento hidratado): un paso hacia la neutralidad de carbono concreta. PNAS Nexus, *Volume 2, Issue 3*.
- [2] Press Europa. (2023). Nuevos aditivos para convertir el hormigón en sumidero de carbono. CienciaPlus
- [3] Cruzado, J., Li, M. (2015). Análisis comparativo de la resistencia de un concreto convencional teniendo como variable el agua utilizada en el mezclado. UPAO
- [4] Sanchez, H., Reyes, C., Mejía, K. (2018). Manual de términos de investigación científica, tecnológica y humanística. URP
- [5] ACI 211.1 "Dosificación en muestras de Hormigón"
- [6] NTP 334.009: "CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos"
- [7] NTP E-060: "Concreto Armado"
- [8] American Concrete Institute (ACI): Diseño de mezcla.
- [9] NTP 339.184: "Método para determinar la temperatura de mezclas de concreto"
- [10] NTP 339.035: "Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland"
- [11] NTP 339.033: "Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo"
- [12] NTP 339.034: "Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas"
- [13] NTP 339.181: "Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido"
- [14] NTP 334.006: "Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat"
- [15] Sánchez de Guzmán, D (2001). Tecnología del concreto y mortero. Bahandar editores LTDA
- [16] UNE en 1015-18:2003: "Ensayo de determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad del mortero endurecido"
- [17] ASTM C1506-17: "Standar Test Method for Water retention of Hydraulic Cement- Based Mortars Plasters"
- [18] NTP 339.185. (2013). Agregados. Método contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima –Perú
- [19] Duran, C, Medina, V (2021). Cambios de volumen del concreto. (ACI URP)
- [20] López, J (2019). Comportamiento mecánico de un mortero elaborado con cemento portland tipo i y he, incluido bicarbonato de sodio. [Universidad Nacional de Chimborazo - Ecuador]
- [21] Vargas, A (2022). Concreto ecológico: El future del concreto. Hormiglass
- [22] Mendoza, C (2016). Concretos de baja Resistencia para Vivienda de interés social. UNAM