

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE ALMIDÓN DE MAÍZ EN PASTAS DE CEMENTO

Karen Julieth Durán Pérez ¹

Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Ingeniería Civil, Grupo de Investigación Ciencia, Innovación y Tecnología.¹

kduran@jdc.edu.co

Resumen

En el presente estudio se realizaron mezclas de pastas de cemento con adición de almidón de maíz. Primero, se extrajo el almidón, en forma de polvo fino, del maíz nativo de Boyacá. Luego, se determinaron algunas propiedades en el almidón obtenido, tales como textura, color y gelatinización. Seguidamente, se caracterizaron las pastas de cemento con y sin adición de almidón. Para lo anterior, se llevó a cabo los ensayos de consistencia normal y tiempo de fraguado. Se utilizaron porcentajes de adición del almidón en la mezcla del 1 %, 3 %, 5 % y 10 %.

Palabras clave: almidón, maíz, pastas de cemento.

Abstract

In the present study, mixtures of cement pastes were made with the addition of corn starch. First, the starch was extracted, in the form of fine powder, from the native corn of Boyacá. Then, some properties of the obtained starch, such as texture, color and gelatinization, were determined. Next, cement pastes with and without starch addition were characterized. For this purpose, normal consistency and setting time tests were carried out. Starch addition percentages of 1 %, 3 %, 5 % and 10 % were used in the mixture.

Keywords: starch, corn, cement pastes.

I. INTRODUCCIÓN

El almidón es una macromolécula que se puede encontrar en los cereales, las raíces y tubérculos. Proviene frecuentemente de fuentes agrícolas como el maíz, la yuca, el trigo, el arroz, la papa, entre otros, y proporciona entre el 70 y el 80 por ciento de las calorías consumidas por los seres humanos en todo el mundo (Castells, 2009). El almidón está compuesto por dos polisacáridos, la amilosa y la amilopectina. El contenido de amilosa y amilopectina, en el almidón, varía dependiendo del origen del mismo. De manera más específica, los cereales contienen entre el 20 y el 35 por ciento de amilosa y entre el 65 y el 80 por ciento de amilopectina; mientras que los tubérculos contienen entre el 18 y el 25 por ciento de amilosa y entre el 75 y 82 por ciento de amilopectina (Schmiele et al., 2019). El contenido de amilosa en el almidón de maíz está comprendido entre el 26 y el 31 por ciento; mientras que el de amilopectina, entre el 69 y el 74 por ciento (Badui Dergal, 2013; Liu et al., 2006).

La cantidad de estas dos moléculas en el almidón determinará el comportamiento del mismo, y las aplicaciones en las cuales podrá ser utilizado. Así mismo, el almidón se almacena en gránulos, cuyos tamaños van de 3 a 100 micrómetros (Marilyn et al., 2008). Los granos de almidón son el resultado de un arreglo de sus componentes, estos granos pueden presentar diferentes tipos de geometría (redonda, irregular, ovalada, poligonal, geométrica simple, entre otras). Dependiendo del origen del almidón, se han logrado establecer diferentes tamaños y formas de grano que se pueden caracterizar mediante herramientas analíticas. La prueba SEM (Scanning Electron Microscopy) es una herramienta que ha permitido observar la estructura granular de diferentes tipos de almidón (Barrios y Cabrera, 2009). El tamaño del grano de almidón

de maíz se encuentra entre 5 y 30 micrómetros, mientras que su morfología es esférica o poliédrica con superficie porosa (Schmiele et al., 2019).

El almidón es el principal constituyente del maíz (*Zea mays* L.), y las propiedades fisicoquímicas y funcionales de esta macromolécula están estrechamente relacionadas con su estructura. El almidón o fécula de maíz es un polisacárido que se obtiene de moler las diferentes variedades del maíz. El almidón de maíz debe conservarse y almacenarse en lugares secos, frescos y no debe estar en contacto con olores fuertes; es un ingrediente sumamente versátil que se presenta como un polvo blanco, muy fino, que tiene un sabor característico (QuimiNet.com, 2011). Las moléculas de amilosa y amilopectina en el almidón de maíz, se organizan en anillos concéntricos para originar la estructura granular. La distribución de la amilosa dentro de los anillos concéntricos difiere entre el centro y la periferia del gránulo, ya que solo ocupa los lugares disponibles que deja la amilopectina después de sintetizarse (Tetlow et al., 2004). Por lo general, el almidón de maíz suele utilizarse como agente espesante en diferentes procedimientos; sin embargo, sus aplicaciones son más variadas.

El almidón es utilizado para fines industriales: como aditivo en el cemento para mejorar el tiempo de curado, para mejorar la viscosidad en los lodos de perforación en los pozos de petróleo, para sellar poros de las paredes, en la fabricación de papel, en los enlucidos de yeso y otras cosas más. Los almidones tienen un gran potencial como sustitutos de materiales poliméricos sintéticos. Estos poseen diferentes propiedades, pero pueden causar problemas debido a la heterogeneidad del producto; como solución de este inconveniente, los almidones nativos se pueden modificar química, física y tecnológicamente. Es muy utilizado principalmente como alimento, pero muy poco estudiado para procesos en ingeniería,

tales como el reforzamiento estructural, como aglutinante para tabiques de concreto, adhesivo para madera laminada o procesos internos del concreto (Ferrández-García et al., 2012; Salleh et al., 2014; Yildirim et al., 2014; Izaguirre et al., 2011; Peschard et al., 2004).

El cemento es un material en constante desarrollo; en la actualidad, es uno de los más utilizados en la industria de la construcción (Cementos Tequendama, 2018). Este se puede definir como un conglomerante formado por una mezcla de calizas y arcillas calcinadas y molidas, que cumplen la propiedad de endurecerse al tener contacto con el agua. El aglomerante, generalmente presentado como un polvo fino, está compuesto por clinker, yeso y ciertos aditivos químicos (Reyes, 2018). El cemento es mezclado con agregados pétreos, grava y arena, y agua. La mezcla de estos materiales permite un compuesto uniforme, maleable y plástico que fragua y se endurece, a esta mezcla se le conoce como concreto, caracterizado por ser un material rígido y resistente a la compresión. Otra propiedad característica del cemento, cuando entra en contacto con el agua, es el calor de hidratación. El cemento, al hidratarse, produce reacciones exotérmicas, generando una liberación de energía. La velocidad de liberación de dicha energía dependerá de las dimensiones del elemento de concreto fundido.

A menor tamaño, el calor se disipará de manera más rápida (Alhozaimy et al., 2015). Como propiedad química del cemento está la clinkerización, la cual involucra la transformación de las materias primas a productos más complejos, por medio de reacciones en estado sólido (Cementos Tequendama, 2018). Las propiedades físicas y químicas del cemento se pueden determinar a través de ensayos sobre el cemento puro, la pasta de cemento, el mortero o el concreto. Estas pruebas se realizan en laboratorio, con el fin

de asegurar que posea la calidad deseada y que esté dentro de los requisitos mínimos exigidos por la norma. Algunos ensayos realizados sobre el cemento seco son el de densidad y finura, sobre la pasta de cemento se pueden efectuar los ensayos de consistencia normal y tiempo de fraguado; y al mortero y concreto, principalmente, se les realiza el ensayo de resistencia a la compresión (Silva, 2016).

El presente trabajo comprende el estudio del almidón de maíz y la respuesta que puede llegar a tener cuando se implementa como aditivo en pastas de cemento. Se trabajó con adiciones de almidón de maíz del 1 %, 3 %, 5 % y 10 %, con base en la masa del cemento utilizado. Se realizaron los ensayos de consistencia normal y tiempo de fraguado, en las pastas de cemento con y sin adición de almidón.

2. METODOLOGÍA

A. Almidón de maíz

El almidón que se utilizó fue extraído de granos de maíz nativos de Boyacá. El proceso de extracción empleado fue el siguiente (Jiménez et al., 2011):

- Se redujo el tamaño de grano del maíz utilizando un molino de manivela.
- Se utilizó una relación maíz/agua de 1:2. Se mezcló una proporción de maíz por dos de agua destilada, estas medidas fueron tomadas en volumen. Se utilizaron 250 ml de maíz y 500 ml de agua, se pesó el maíz para conocer su masa inicial.
- Se licuaron estos ingredientes por un minuto, a máxima velocidad, en una licuadora marca Premier.
- Esta mezcla se pasó por un filtro de 250 micras. Las partículas más gruesas que

quedaron retenidas fueron descartadas, y las partículas que pasaron por este tamiz se dejaron precipitar entre 20 a 30 minutos.

- Se volvió a licuar la muestra que quedó después del tiempo de precipitado, por 1 minuto más.
- Una vez terminado el paso anterior, se volvió a pasar por el filtro de 250 micras y se dejó precipitar entre 20 a 30 minutos.
- Se retiró el agua con una jeringa de 50 ml, teniendo cuidado de no extraer el almidón con ella. Se agregó y se retiró el agua hasta que el agua estuvo traslúcida.
- Una vez finalizado este procedimiento, se

dejó secar el almidón por 24 horas en un horno eléctrico a una temperatura aproximada de 48°C.

El almidón que se obtuvo se puede apreciar en la figura 1. Se extrajo en forma de polvo fino, con un color blanco y un olor neutro.

B. Caracterización del almidón

1) Granulometría

Una vez extraído el almidón, se pasó por el tamiz de 250 micras (malla número 60) para alcanzar una finura similar a la del cemento y, de esta manera, al ser mezclado en seco, las partículas tanto del cemento como del almidón tuvieran tamaños similares. La figura 1 muestra el almidón en el tamiz número 60.



2) Gelatinización

En un vaso de precipitado de 100 ml, se pesaron 15 gramos de almidón para medir la temperatura de gelatinización. Se mezcló el almidón con 50 ml de agua y, en una plancha de calentamiento con mezclador magnético, se aumentó la temperatura de manera constante, hasta encontrar la temperatura a la cual se produjo el proceso de gelatinización.

3) Pastas de cemento

El cemento que se implementó en la

realización de las mezclas cementicias, fue cemento de uso general marca Argos. Los ensayos que se realizaron al cemento y a las pastas de cemento se explican en seguida.

C. Ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico (NTC 221)

Se pesaron 64 gramos de cemento según lo establecido en la NTC 221. Se procedió a llenar el frasco de Le Chatelier con ACPM hasta la marca de 0.5 ml. Luego, se fue agregando el cemento con cuidado, sin dejar rastro en las paredes del

frasco. Una vez terminado este procedimiento, se llevó al baño termostático, a una temperatura promedio de 23 °C, con el fin de completar el ensayo y así tomar las lecturas finales.

4. Ensayo de Blaine para determinar la Finura del cemento (NTC 33)

El método de ensayo se aplica para determinar la finura del cemento hidráulico, que establece la capacidad de reaccionar el cemento con el agua (hidratación), y la rapidez con que esta reacción puede suceder. Se introdujo una porción de cemento de 28.8 gramos de masa dentro de la cámara del aparato de Blaine, encima se instaló el disco perforado y el disco de papel filtro, se presionó y se compactó haciendo bajar el émbolo para compactar la muestra. Luego, se conectó

a la cámara de permeabilidad, se liberó el aire contenido en el manómetro hasta que el líquido alcanzó la marca más alta, finalmente se cerró la válvula herméticamente. Se tomó el tiempo mediante un cronómetro una vez el líquido alcanzó la segunda marca, y se detuvo cuando llegó a la tercera marca del aparato de Blaine, se registró el intervalo de tiempo en segundos.

5. Ensayo para determinar la consistencia normal del cemento hidráulico (NTC110)

Para llevar a cabo el ensayo de consistencia normal, se tuvo como guía la norma NTC 110. Se trabajó con muestras de 650 gr de cemento, el procedimiento se repitió varias veces hasta que se identificó la relación agua/cemento adecuada. La figura 2 muestra la mezcla en el aparato de Vicat.

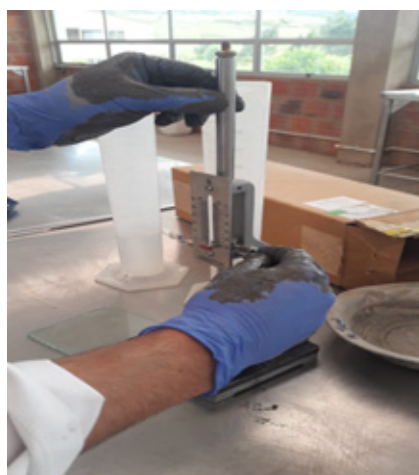


Fig 1. Muestra en el aparato de Vicat.

6. Ensayo para determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico mediante aguja de Vicat (NTC 118)

El espécimen de ensayo empleado para la determinación de la consistencia normal, puede ser usado para la determinación del tiempo de fraguado, mediante el aparato de Vicat. Se registraron los valores obtenidos de todas las penetraciones y, por interpolación, se determinó el

tiempo obtenido para una penetración de 25 mm. El resultado indica el tiempo de fraguado inicial.

1) Pastas de cemento con almidón

Se realizaron cuatro mezclas diferentes de pastas de cemento agregando almidón de maíz. Se utilizaron porcentajes del 1 %, 3 %, 5 % y 10 % respecto a la masa de cemento. Con estas mezclas, se realizaron los ensayos de

consistencia normal y tiempo de fraguado. La cantidad de cemento utilizado fue de 650 gramos.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A. Extracción del almidón

Para obtener 179.4 gramos de almidón de maíz, se utilizaron 3000 gramos de maíz, obteniendo un rendimiento del 5.98 %. Se puede observar que el rendimiento de recuperación de almidón es muy bajo, siendo poco eficiente el método

usado. Sumado a lo anterior, el tiempo de extracción es muy extenso, ya que el almidón se debe dejar precipitar entre 5 a 8 veces para que el agua, en donde se lava, quede traslúcida. La temperatura de gelatinización, para 15 gramos de almidón de maíz en 50 ml de agua, fue de 64 °C.

B. Cemento

La tabla 1 muestra los datos obtenidos para el cemento utilizado. Se pueden notar que los resultados están dentro del rango establecido por la norma.

TABLA 1. DATOS OBTENIDOS PARA EL CEMENTO.

Propiedad medida	Resultados
Densidad (g/cm ³)	2.857
Finura (cm ² /g)	2.37465

C. Pastas de cemento

1) Consistencia del cemento

La tabla 1 muestra los resultados el ensayo de consistencia normal en pastas de cemento. Para

alcanzar la penetración establecida por norma, fue necesario realizar 6 veces el ensayo. La relación agua/cemento que cumplió con la norma fue de 0.28. Lo anterior quiere decir que la pasta de cemento alcanzará una plasticidad ideal y una fluidez óptima a dicha relación agua/cemento.

TABLA 2. RESULTADOS DEL ENSAYO DE CONSISTENCIA NORMAL EN PASTAS DE CEMENTO.

Cemento (gr)	Agua (ml)	Penetración (mm)	Relación (a/c)
650	235	36	0.3615
650	210	30	0.323
650	190	15	0.2923
650	160	4	0.2461
650	175	6	0.2692
650	185	10	0.2846

2) Tiempo de fraguado

Por norma, los valores para el tiempo inicial y para el tiempo final de fraguado, deben estar dentro del rango entre 45 y 420 minutos. En la tabla 3, se puede observar que el tiempo inicial

fue de 157.5 minutos y que el tiempo final fue de 200 minutos, cumpliendo así con lo establecido en la norma. El tiempo inicial de fraguado se obtuvo interpolando las lecturas 12 y 13, para cumplir con los 25 mm de penetración.

TABLA 3. RESULTADOS DEL ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO EN PASTAS DE CEMENTO.

Lectura	Penetración (mm)	Tiempo (min)
1	41	0
2	40	15
3	39	30
4	39	45
5	37	60
6	37	75
7	37	90
8	37	105
9	35	120
10	33	135
11	31	150
12	26	165
---	25	157.5
13	24	185
14	0	200

3) Pastas de cemento con almidón

3.1) Ensayo para determinar la consistencia normal del cemento hidráulico (NTC 110).

- Almidón al 1 %

Se utilizaron 650 gramos de cemento, los cuales se mezclaron con 6.5 gramos de

almidón de maíz. Inicialmente, se mezclaron con una cantidad de 185ml de agua con base en la relación agua/cemento, obtenida por el ensayo de consistencia normal del cemento sin el aditivo de almidón. Después de realizar cuatro veces el ensayo, se pudo establecer que la consistencia normal del cemento con aditivo de almidón al 1 % fue de 31.69.

Vale la pena aclarar, que hubo necesidad de interpolar los datos para obtener el resultado.

- Almidón al 3 %

Se mezclaron 650 gr de cemento con 19.5gr de almidón de maíz con una cantidad de 210ml de agua, para obtener una penetración de 9mm en la Aguja de Vicat, donde se realizó exactamente el mismo procedimiento antes mencionado. Se pudo establecer que la consistencia normal del cemento con aditivo de almidón al 3 % es de 32.30.

- Almidón al 5 %

Se mezclaron 650 gr de cemento con 32.5 gr de almidón de maíz con una cantidad de 233 ml de agua, para obtener una penetración de 9 mm en la Aguja de Vicat. Después de realizar tres veces el ensayo, se pudo establecer que la consistencia normal del cemento con aditivo de almidón al 5 % es de 35.84.

- Almidón al 10 %

Se mezclaron 650 gr de cemento con 65 gr de almidón de maíz con una cantidad de 229.28 ml de agua, para obtener una penetración de 10 mm en la Aguja de Vicat. Después de realizar tres veces el ensayo, se estableció que la consistencia normal del cemento con aditivo de almidón al 5 % es de 35.27. Vale la pena aclarar, que hubo necesidad de interpolar los datos para obtener el resultado.

3.2) Consistencia normal del cemento con aditivo de almidón

La tabla 3 muestra los valores de la consistencia normal para pastas de cemento con diferente porcentaje de almidón. Para las pastas de cemento con una adición de almidón del 1 %, 3 % y 5 %, se puede apreciar que, a medida que el porcentaje de almidón aumentó, la relación agua/cemento aumentó. Sin embargo, cuando se agregó el 10 % de almidón, la relación agua/cemento disminuyó respecto a la adición del 5%.

TABLA 4. RESULTADOS DEL ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO EN PASTAS DE CEMENTO.

Almidón(gr)	Almidón (%)	Cemento(gr)	Agua(ml)	Relación a/c
6.5	1	650	206.6	31.69
19.5	3	650	210	32.30
32.5	5	650	233	35.84
65	10	650	229.28	35.27

4. CONCLUSIONES

Se observó que, a medida que la cantidad de almidón aumentó, la relación agua/cemento aumentó; así mismo, el cemento con la adición del almidón a la hora de realizar los

ensayos de la pasta, muestra una apariencia algo esponjosa. De igual manera, se observó que se necesita demasiada agua para la relación agua/cemento en comparación a una muestra sin la adición de almidón.

REFERENCIAS

- [1] Alhozaimy, A., Fares, G. y Alawad, O. (2015). Heat of hydration of concrete containing powdered scoria rock as a natural pozzolanic material. *Construction and Building Materials*, 81, 113-119. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.02.011>
- [2] Badui Dergal, S. (2013). *Química de los alimentos* (5.a ed.). Pearson Educación S.A. Hernández, M., Torruco, J., Chel, L. y Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Science and Technology*, 28, 718-726. <http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a31v28n3.pdf>
- [3] Jiménez, J., Meneses, F., Rosendo, J., Vivar, M., Bello, L. y García, F. (2011). Extracción y caracterización del almidón de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum*. *CyTA - Journal of Food*, 9(2), 89-95. <https://doi.org/10.1080/19476331003743626>
- [4] Liu, H., Yu, L., Xie, F. y Chen, L. (2006). Gelatinization of cornstarch with different amylose/amylopectin content. *Carbohydrate Polymers*, 65(3), 357-363. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.01.026>
- [5] Pérez, A. (2008). Propiedades y ensayos en los morteros. *FICAL*. <https://www.fical.org/aplicaciones-de-la-cal-4/42-clasificacion/60-propiedades-y-ensayos-en-los-morteros>
- [6] QuimiNet.com. (2011, 20 de julio). *El almidón de maíz y sus usos más comunes*. https://www.quiminet.com/articulos/el-almidon-de-maiz-y-sus-usos-mas-comunes-2552671.htm?mkt_medium=30854&mkt_term=&mkt_content=&mkt_campaign=1&mkt_source=66
- [7] Reyes, C. A. (2018). El Cemento Ingeniería Civil. *Steemit*. <https://steemit.com/steem-espanol/@aliciareyes/el-cemento-ingenieria-civil>
- [8] Rosa, A. (2009). *El cultivo del maíz, su origen y clasificación*. Cuba.
- [9] Schmiele, M., Marques, U. y Pedrosa, M. (2019). Basic Principles: Composition and Properties of Starch. En M. Pedrosa y M. Schmiele (Eds.), *Starches for Food Application Chemical, Technological and Health Properties* (pp. 1-22). Elsevier Inc.; Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809440-2.00001-0>
- [10] Silva, O. J. (2016, 24 de noviembre). Conociendo las propiedades físicas del cemento: ¿qué y cómo? 360 en concreto Argos. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/propiedades-fisicas-del-cemento>