

CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA EL HORMIGÓN

SUGAR CANE BAGASSE ASH, A SUSTAINABLE ALTERNATIVE TO CONCRETE

Ing. María Fernanda Zenteno Medina ^{1*}§

Recibido: Abril 12, 2022; Aceptado: Mayo 20, 2022

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo analizar la importancia de utilizar alternativas sustentables para la producción de hormigón, en esta oportunidad se hace referencia a la ceniza de bagazo de caña de azúcar. A partir de este panorama, el artículo establece una discusión sobre la ventaja, la contribución y la economía que al utilizar este material sustentable puede ofrecer a la disminución del uso de cemento.

En el marco teórico se encuentra una descripción de la fabricación del cemento y los efectos que produce al medio ambiente, además una descripción de la importancia que tiene la incorporación de la ceniza de bagazo de caña de azúcar considerando que el departamento de Santa Cruz es el principal productor de caña de azúcar con el 92%, seguido de Tarija con el 6% y Beni con el 1%.

Los análisis discutidos a través del análisis comparativo del contenido presentan los retos y beneficios en la disminución del uso del cemento y por lo tanto en la contaminación del medio ambiente.

Palabras clave: Cemento, sustentable, ceniza, bagazo de caña de azúcar, hormigón.

ABSTRACT

The objective of this article is to analyze the importance of using sustainable alternatives for the production of concrete, in this opportunity reference is made to sugar cane bagasse ash. From this perspective, the article establishes a discussion about the advantage, contribution and economy that using this sustainable material can offer to the reduction of the use of cement.

In the theoretical framework there is a description of the manufacture of cement and the effects it produces on the environment, as well as a description of the importance of incorporating sugar cane bagasse ash considering that the department of Santa Cruz is the main producer of sugar cane with 92%, followed by Tarija with 6% and Beni with 1%.

The analyzes discussed through the comparative analysis of the content present the challenges and benefits in reducing the use of cement and therefore in the pollution of the environment.

Keywords: Cement, sustainable, ash, sugar cane bagasse, concrete.

Citación: Zenteno Medina María F., **CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA EL HORMIGÓN.** Revista Científica EMINENTE 2022, 6-1: 91-98.

¹ Ingeniero Civil – Encargada de Laboratorio de Asfaltos e Hidráulica - Unidad de Investigación Ciencia y Tecnología - Unidad Académica Santa Cruz - Escuela Militar de Ingeniería

* Corresponde al Autor (correo electrónico: marifer_89_zm@hotmail.com).

[§] Dirección de contacto Investigador, autor: Santa Cruz, Zona Sur - Telf.: (+591) 74549136 Santa Cruz de la Sierra– Bolivia.

INTRODUCCIÓN

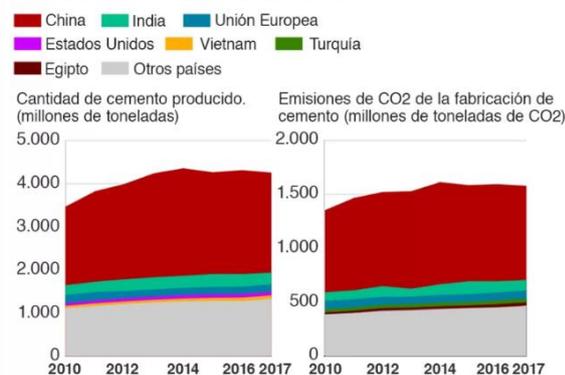
El concreto es el material fabricado por el hombre más utilizado de la historia. Solo el agua lo supera como el recurso más consumido en el planeta.

Debido a la utilización de este material, las cementeras producen al año enormes cantidades de cemento lo que provocan una gran contaminación ambiental a nivel mundial.

Si la industria del cemento fuera un país, sería el tercer emisor más grande del mundo, detrás de China y EE.UU. Emite a la atmósfera más CO₂ que el combustible de aviación (2,5%) y no está muy lejos del que emite el negocio mundial de la agricultura (12%).

Fig. 1. Estadística de los países con mayor producción de cemento y emisión de CO₂

China produce la mayor parte del cemento y, por lo tanto, la mayoría de las emisiones de CO₂ relacionadas con su fabricación



Fuente: PBL Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos. BBC

Fuente: PBL Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos. BBC

El cemento es responsable de entre el 4% y el 8% del dióxido de carbono (CO₂) mundial. Entre materiales, solo el carbón, el petróleo y el gas son fuente más grande de gases de efecto invernadero. El cemento es un monstruo sediento que consume casi una décima parte del uso de agua industrial. Esto a menudo tensa el suministro de agua para beber y regar porque el 75% de este consumo se da en regiones en sequía o con estrés hídrico. En las ciudades, el hormigón también contribuye al efecto 'isla de calor' al absorber el calor del sol y atrapar gases expulsados por los vehículos y los aparatos de aire acondicionado. elDiario.es. (2021).

Según datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) y del Servicio

Geológico de Estados Unidos (USGS) cada año se producen en el mundo 4.100 millones de toneladas de cemento. Para que nos hagamos una idea, cada hora se vierten sobre la superficie del planeta 49,5 piscinas olímpicas de este material.

Es por esta razón que se están utilizando materiales sustentables para disminuir la contaminación producida por el cemento, en esta oportunidad tomaremos como referencia la utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) la misma será utilizada para la elaboración del hormigón.

Fig. 2. Metodología de producción



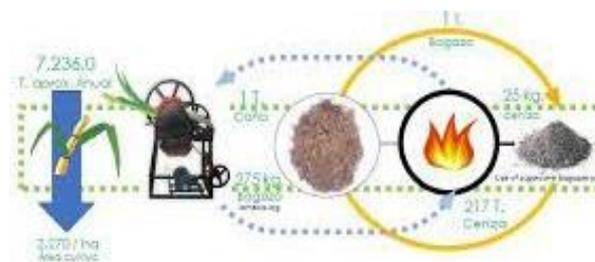
Fuente: Universidad Central del Ecuador

El uso de esta ceniza en la construcción es una práctica que se ha venido implementado en algunos países productores. Este residuo se ha utilizado como adición o remplazo de agregado fino. Sales y Araújo, (2010)

Su mayor potencial se da como como remplazo parcial del cemento Portland debido a que su composición química le brinda propiedades puzolánicas. Cordeiro, 2006; Oliveira de Paula, 2006; Giraldo Escandon et al., (2012).

En varios estudios se ha demostrado que la CBCA presenta un elevado contenido de sílice (SiO₂) y alúmina (Al₂O₃), que le dan una buena actividad puzolánica como sustituto parcial del cemento portland esto contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero liberados durante la manufactura de cemento (0.85-1 kg CO₂/kg cemento).

Fig. 3. Diagrama de justificación



Fuente: Universidad La Gran Colombia

OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo discutir la utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) para la utilización de hormigón, como un material sustentable.

METODOLOGÍA

Para la realización de la investigación se ejecutaron las siguientes acciones las cuales se desglosan de acuerdo al desarrollo, como se muestra a continuación:

Fig. 4 Acciones a tomar para el desarrollo

DESARROLLO	ACCIONES
Fabricación del cemento y los efectos que produce al medio ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción de la producción del concreto como actividad fundamental en la industria. • Descripción de los efectos negativos de la producción del cemento. • Descripción del Clínter, el mayor contaminante.
Importancia que tiene la incorporación de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el hormigón.	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción de la utilización de la CBCA. • Descripción de la cantidad de sílice que tiene la CBCA.
Comparaciones de pruebas de hormigón con y sin la incorporación de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	<ul style="list-style-type: none"> • Comparar resultados y describir las etapas de las pruebas realizadas por laboratorios.

Fuente: Elaboración propia

Las técnicas de recolección de datos e información en la presente investigación fueron a través de artículos científicos, revistas especializadas y sitios de

investigación, las mismas nos dieron un parámetro más claro sobre el uso de la CBCA en el hormigón.

DESARROLLO

FABRICACIÓN DEL CEMENTO Y LOS EFECTOS QUE PRODUCE AL MEDIO AMBIENTE.

La producción de concreto premezclado es una actividad industrial fundamental para la implantación de proyectos de construcción en general, y como tal, está vinculada al crecimiento económico del país.

Sin embargo, cuando esta actividad no cuenta con una gestión ambiental bien concebida y eficazmente llevada a la práctica, se ocasionan impactos significativos al ambiente debido al uso intensivo de energía y materia prima (minerales y agua), generando desechos, emisiones y efluentes contaminantes. Prolys, (2008).

Fig. 5. Cemento, la industria que contribuye más a la crisis climática

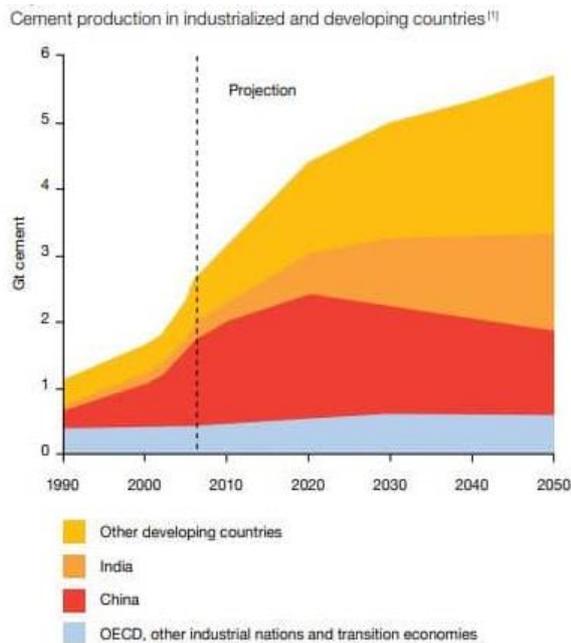


Fuente: Proyecto Lemu

En efecto, las Plantas de Concreto Premezclado se encuentran entre las obras, cuyo establecimiento inevitablemente genera alteraciones del ambiente donde se localizan. Fonseca y Reyes, (2015).

Las dimensiones del problema han empujado a organizaciones como la Agencia Internacional para la Energía (IEA) y a los miembros del C40 —organismo que aglutina a las ciudades más grandes del mundo— a abordarlo. Según la IEA, la producción de cemento aumentará entre un 12% y un 23% para 2050. Sputnik, (2019).

Fig. 6. Producción de cemento en países industrializados y en desarrollo

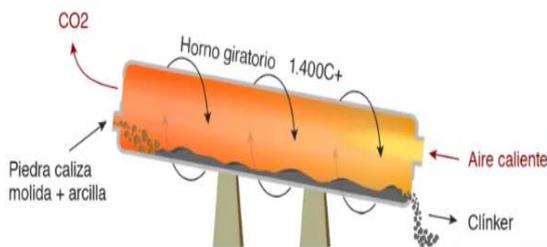


Fuente: OVACEN

Clínter, el mayor contaminante

Es el proceso de producción de clínter, el componente clave del cemento que se forma tras calcinar caliza y arcilla, lo que emite la mayor cantidad de CO₂ en la fabricación.

Fig. 7. Como se fabrica el cemento



Fuente: Carbon Brief, Chatham House

Fuente: Carbon Brief, Chatham House

Junto con la combustión térmica, el 90% de las emisiones del sector podrían atribuirse a la producción de clínter. Lucy Rodger, (2018).

Debido a esto, el experto de Chatham House argumenta que el sector necesita con urgencia seguir una serie de estrategias de reducción de CO₂.

La industria realmente necesita hacer es afianzar los esfuerzos para producir nuevos tipos de cemento, dice Preston.

IMPORTANCIA QUE TIENE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL HORMIGÓN

La utilización de las cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en el rubro de la construcción está cobrando cada vez más fuerza, ya que promete ser un subproducto industrial capaz de reemplazar parcialmente al cemento y de esta manera contribuir en la disminución de gases de efecto invernadero (CO₂) que se generan en la producción industrial del cemento, además de los beneficios tanto económicos como medioambientales (Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología [DICYT], 2014).

Fig. 8. Ceniza de bagazo de caña de azúcar



Fuente: Universidad Central del Ecuador

En principio, los desechos de caña de azúcar muestran una caracterización que contribuye como material puzolánico para la construcción, así se tiene que la CBCA calcinada a una temperatura de 800 y 1000 grados Celsius posee propiedades que favorecen la alta actividad puzolánica (Frías et al., 2007), del mismo modo las pruebas de actividad puzolánica muestran la influencia de diferentes factores en la activación de estas cenizas (Morales et al, 2009).

Por su parte, Torres et al. (2014) indican que la CBCA presenta altos porcentajes de sílice que van desde 63.2% a 76.3% y califican como una puzolana al superar el 75% de índice de actividad por resistencia mecánica (ASTM C618). Guzmán et al. (2011) también determinaron un alto porcentaje de sílice (81%) en la ceniza de hoja de caña de azúcar,

determinando que es apta para ser utilizada como adición puzolánica.

De acuerdo con varios estudios, la ceniza se produce a una temperatura entre los 700 y 900°C. Según lo encontrado por Cordeiro (2009), se puede notar que el porcentaje de sílice en la muestra es del 78.3% y al compararse con las investigaciones realizadas recientemente por la Universidad Nacional de Colombia (2012), Ali et al. (2017) y Vidal et al. (2012), entre otros, se encuentra que estos datos oscilan entre 60% y 70%.

La CBCA posee un alto contenido de sílice, trascendental para que puede clasificarse como una adición puzolánica, por lo que tendrá un efecto positivo en las propiedades mecánicas y asociadas a la durabilidad del concreto.

COMPARACIONES DE PRUEBAS DE HORMIGÓN CON Y SIN LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

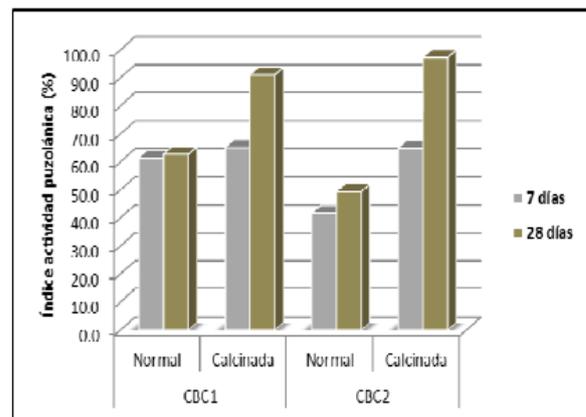
De acuerdo a la revisión de artículos científicos y sitios de investigación sobre algunas prácticas de laboratorio se pudo evidenciar que luego de haber realizado el ensayo de resistencia a compresión simple, se puede observar que las resistencia de todas las probetas son similares, si bien es cierto la resistencia de los especímenes con ceniza no son mayores a los del hormigón convencional, sin embargo no hay mucha diferencia, esto quiero decir que se puede añadir cenizas de bagazo de caña de azúcar, para corroborar con esta hipótesis, se debe ensayar las probetas a 90 y 120 días respectivamente para obtener resultados concluyentes y el valor adecuado de adición de CBCA, dado que varios autores afirman que los materiales puzolánicos se demoran un tiempo en reaccionar aproximadamente de 90 a 120 días como ya se mencionó anteriormente.

Los resultados tanto de resistencia y absorción de agua, son similares en las mezclas de hormigón común y hormigón con CBCA en los primeros 30 días. A los 90 días de curado se empieza a tener mejoras en cuanto a los resultados, esto se debe a que se forman reacciones puzolánicas, que van cerrando gradualmente los poros en el hormigón y hacen que este desarrolle impermeabilidad. Farfán Marlon, (2018).

Según las prácticas realizadas en la Universidad Central del Ecuador las características del hormigón al incorporar la CBCA son las siguientes:

- Mejora las características mecánicas del cemento.
- Mejora la durabilidad.
- Mejora la resistencia.
- Menos contaminación al medio ambiente con respecto al cemento en su producción.

Fig. 9. Índice de actividad puzolánica



Fuente: Universidad de Piura

Las pruebas se dividieron en 3 etapas:

En la primera se realizó la caracterización de los ingredientes y cómo podría trabajar el material; encontraron que la morfología, tamaño y composición mineralógica de las partículas de ceniza de bagazo de caña resultan difíciles de procesar en las mezclas de mortero y concreto, aunque esto puede solucionarse con la ayuda de un aditivo supe plastificante.

En la segunda, tras evaluar propiedades micro estructurales de los materiales se encontró que el uso de la ceniza de bagazo de caña no tiene efectos perjudiciales.

La tercera etapa, explica el doctor Montes García, consiste en hacer pruebas de laboratorio y campo para evaluar las propiedades de durabilidad del concreto. Los resultados de pruebas de difusión de cloruros y resistividad eléctrica sugieren que el concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña puede ser más durable que aquel que contiene otros materiales suplementarios.

Después de realizar las pruebas el doctor Montes García recomienda no rebasar el 15 por ciento de sustitución de cemento Portland por ceniza de bagazo de caña de azúcar. La razón es que actualmente no se cuenta con un adecuado control del sistema de calcinación del bagazo; por lo tanto, la ceniza tiene un alto contenido de materia sin calcinar, la cual puede

afectar de manera negativa las propiedades finales del concreto.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La producción de caña de azúcar en Bolivia va en aumento, siendo Santa Cruz el mayor productor, generando mayor cantidad de desperdicios de industria.

Según la caracterización química de la CBCA, esta posee un alto contenido de sílice, en promedio 70%. Otro parámetro importante es el tamaño de partícula, por lo que se hace necesario un proceso previo de molienda.

Lo anterior, hacen que este material tenga una elevada actividad puzolánica a los 28 días (cerca al 100%), lo que viabiliza su uso en la construcción como adición mineral para el cemento Portland, ya sea en concretos de resistencia normal o de mayores prestaciones.

Las propiedades en estado fresco de los concretos con adición de CBC, se ven mejoradas por esta incorporación, aumentando la fluidez del concreto, haciéndolo más trabajable.

Se comprobó una mejora en las propiedades en estado endurecido del material cementicio, tanto mecánicas como de durabilidad, debido a la disminución de la porosidad promovida por la reacción puzolánica, aumentando la resistencia a distintos tipos de esfuerzos y el desempeño al ataque de agentes agresivos.

El uso de materiales cementantes alternativos conlleva una disminución del impacto ambiental, principalmente, porque se reduciría la extracción de recursos naturales no renovables y la emisión de gases efecto invernadero, así como se aprovecharía un desecho industrial reincorporándolo al ciclo y evitando su disposición final en rellenos sanitarios y la contaminación del suelo o del recurso hídrico.

Se puede concluir como aporte que Santa Cruz al ser un departamento con altos índices de producción de caña de azúcar y por lo tanto genera una cantidad considerable de desperdicio de ceniza de bagazo, es una gran alternativa no solo para el incrementar la economía utilizando un material sustentable, sino que se disminuirá el consumo de cemento, el cual es responsable de la contaminación ambiental ocasionando el calentamiento global.

La próxima fase del artículo será la aplicación práctica de la utilización de ceniza de bagazo de caña de azúcar obtenida del Ingenio Azucarero San Aurelio, siendo el mismo el mayor productor a nivel departamental de azúcar produciendo anualmente alrededor de 2 497 760 quintales.

Para dicha fase se realizarán los laboratorios necesarios en la EMI-UASC para verificar si la ceniza de bagazo de caña de azúcar contiene la sílice adecuado para calificar como una puzolana y ser utilizada como material sustentable para reemplazar en un porcentaje el cemento en la dosificación del hormigón.

DISCUSIÓN

Los desechos de caña de azúcar muestran una caracterización que contribuye como material puzolánico para la construcción, siendo una alternativa sustentable para el hormigón.

La Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar posee un alto contenido de sílice por lo que tendrá un efecto positivo en las propiedades mecánicas y asociadas a la durabilidad del concreto.

Ensayos de laboratorio muestran que la resistencia y absorción del hormigón con CBCA a los 90 días revelan mejoras en los resultados.

La utilización de CBCA conlleva a la disminución del porcentaje cemento en el hormigón y por lo tanto una disminución en la contaminación ambiental

CONFLICTO DE INTERES

El autor declara que no tiene conflictos de interés con la presente investigación.

AGRADECIMIENTO

A Dios por siempre bendecirme y estar presente en todo momento de mi vida, dándome fuerza y valor.

A mi hija, por ser el motor y pilar fundamental en mi vida.

A mis padres por alimentar en mí, las ganas de seguir creciendo y aprendiendo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Arias F. (2012). El Proyecto de Investigación. Sexta edición. Caracas: Episteme.

- [2] Caride J. (2001). La Educación Ambiental en el desarrollo humano: horizontes para la sustentabilidad ecológica y la responsabilidad social. Segovia: Centro Nacional de Educación Ambiental-CENEAM.
- [3] Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). (2001). Guía para el Control y la Prevención de la Contaminación Industrial. Rubro Productos de Cementos y Hormigón. Chile.
- [4] Agencia Iberoamericana para la difusión de la Ciencia y la Tecnología. (2014). Bagazo de caña, posible componente de concreto hidráulico.
- [5] Frías, M., Villar-Cociña, E., & Valencia-Moraes, E. (2007). Characterization of sugar cane straw waste as pozzolanic material for construction: Calcining temperature and kinetic parameters. Waste Manage.
- [6] Giraldo, C., Diana, D., López, C., & Torres, J. (2012). Ceniza de bagazo de caña como aditivo al cemento Portland para la fabricación de elementos de construcción. Acta Agronómica.
- [7] Guzmán, A., Gutiérrez, C., Amigó, V., Mejía de Gutiérrez, R., & Delvasto, S. (2011). Pozzolanic evaluation of the sugar cane leaf. Mater Construcc.



**María Fernanda
Zenteno Medina.**

Nació en Tarija-Bolivia,
es Ingeniera Civil de la
Universidad Autónoma
Juan Misael Saracho de
Tarija.

Master en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos en la
Universidad Miguel de Cervantes en España y la
Universidad Iberoamerica.

Especialización en MS Project

Especialización en AutoCad 2017

Diplomado en Construcción Obras Civiles

Experto en Pruebas Hidráulicas y Neumáticas de Ductos de
Transporte y Distribución

Especialización en ISO 9001

Consultor en Proyectos de Medio Ambiente

Experto en Gestión ambiental