

# Compressive Strength of Concrete with Additions of Barley Bran Ash and Sugarcane Bagasse

Aranda Villanueva Paul Absalón, Bach.<sup>1</sup> and Katia N. Carrión Rabanal, Ing<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Privada del Norte, Perú, N00038777@upn.edu.pe.

<sup>2</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Perú, katia.carrion@@upn.edu.pe

*Abstract.- The objective of this research is to analyze the influence of the addition of sugarcane bagasse ash (CBCA) and barley bran ash (CAC) on the design resistance of concrete  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, in percentages of 5%, 10% and 15%, to meet this objective, 126 cylindrical concrete specimens were made. The results obtained were that, by incorporating 5% of CBCA, the recorded compressive strength increased significantly with respect to the other percentages, obtaining resistance of 235.83 kg/cm<sup>2</sup>, 283.21 kg/cm<sup>2</sup>, 314.72 kg/cm<sup>2</sup> at 7, 14 and 28 days respectively. On the other hand, the additions of 5%, 10% and 15% with CAC registered the opposite, generating a notable decrease in compressive strength at all ages; 7, 14 and 28 days*

**KEY WORDS:** Strength, compression, ash, bagasse, barley.

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

# Resistencia a Compresión del Concreto con Adiciones de Cenizas de Afrecho de Cebada y de Bagazo de Caña de Azúcar

Aranda Villanueva Paul Absalón, Bach.<sup>1</sup> and Katia N. Carrión Rabanal, Ing<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Privada del Norte, Perú, N00038777@upn.edu.pe.

<sup>2</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Perú, katia.carrion@@upn.edu.pe

**Resumen-** La presente investigación tiene como objetivo analizar la influencia de la adición de las cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) y cenizas de afrecho de cebada (CAC) en la resistencia de diseño del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, en porcentajes de 5%, 10% y 15%, para cumplir con este objetivo se realizaron 126 especímenes cilíndricos de concreto. Los resultados obtenidos fueron que, al incorporar el 5% de CBCA la resistencia a la compresión registrada aumento significativamente con respecto a los demás porcentajes obteniendo resistencia de 235.83 kg/cm<sup>2</sup>, 283.21 kg/cm<sup>2</sup>, 314.72 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días respectivamente. Por otro lado las adiciones del 5%, 10% y 15% con CAC registraron lo contrario, generando una disminución notable de la resistencia a compresión, en todas las edades; 7, 14 y 28 días.

**PALABRAS CLAVES:** Resistencia, compresión, ceniza, bagazo, cebada.

## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, el sector que más aporta en el crecimiento económico con relación al PBI nacional del país, es la construcción, en donde el concreto es uno de los materiales más utilizados en construcción de; edificaciones, túneles, puentes, carreteras, viaductos, etc. por lo cual este debe poseer características mecánicas y físicas, las cuales se ajusten a los requerimientos mínimos normativos para su utilización. [1].

Uno de los resultados más importantes en el estudio del concreto, es la resistencia a la compresión, la cual depende directamente de sus componentes, es decir de la condición de sus agregados, el tipo de cemento, el agua y eventualmente de las adiciones y aditivos. [2].

Existen nuevos materiales como como las cenizas provenientes de productos orgánicos, que están teniendo un mayor impulso en la industria del concreto, respecto a los materiales convencionales, ya que al ser elaborados no causan un impacto ambiental muy perjudicial como sí sucede con materiales como el cemento y otros aditivos. El cemento y otros aditivos al ser elaborados requiere grandes cantidades de recursos energéticos irrecuperables al ambiente, además de que genera grandes emisiones durante su proceso de fabricación; por lo tanto, es importante investigar nuevas alternativas a este material, que pueda reemplazar o disminuir el uso de cemento en las mezclas, y algunas alternativas podrían ser los subproductos agrícolas e industriales. [3].

Este artículo plantea el uso de Cenizas de bagazo de caña de azúcar y cenizas de afrecho de cebada en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, con el propósito de dar uso mejor uso a este residuo, y a la vez utilizarlo como refuerzo para el concreto. Y de esta manera proporcionar nuevos materiales para la construcción de buena calidad y a la vez

evitar impactos negativos en el medio ambiente, debido al tiempo de descomposición y al volumen que ocupan en el botadero de basura. [4]

**Las cenizas** son el residuo de la calcinación de materias orgánicas, y son consideradas como un material puzolánico artificial por los investigadores, esto debido a que presenta en su composición gran cantidad de SiO<sub>2</sub> dióxido de silicio [3].

**Las Puzolanas artificiales** son denominadas de esa forma, por el tratamiento térmico de las cuales provienen. Dentro de estas puzolanas se encuentran dos grupos, uno formado por materiales naturales silicatados de naturaleza arcillosa y esquistosa que resultaron debido los procesos térmicos, y otro compuesto por subproductos de operaciones industriales, en la cuales sufren transformaciones y adquieren propiedades puzolánicas [5].

El objetivo de esta investigación es determinar la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adiciones de cenizas de afrecho de cebada y ceniza de bagazo de caña de azúcar, utilizando el método ACI 211, para luego elaborar probetas de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adiciones de ceniza de afrecho de cebada y ceniza de bagazo de caña de azúcar en diferentes proporciones y edades, para luego poder determinar cuánto aumenta o disminuye la resistencia a compresión del concreto.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el estudio de la resistencia del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adiciones de ceniza de afrecho de cebada y ceniza de bagazo de caña de azúcar, primero se realizó el estudio de las propiedades de los agregados, fino y grueso que fueron obtenidas de la Cantera Nicols, realizando los siguientes ensayos siguiendo las respectivas normas técnicas.

### AGREGADOS:

- Análisis granulométrico de los agregados fino y grueso, ASTM C-136 / NTP 400.037.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN) y Módulo de finura del agregado fino y grueso (MF).
- Contenido de humedad de los agregados fino y grueso, ASTM C-556 / NTP 339.185.
- Peso unitario de los agregados fino y grueso, ASTM C-29 / NTP 400.017.
- Peso específico y absorción del agregado fino, ASTM C-128 / NTP 400.022.

- Peso específico y absorción del agregado grueso, ASTM C-127 / NTP 400.021.
- Resistencia a la abrasión, ASTM C 131 / NTP 400.019.

Obteniendo de estas pruebas los siguientes resultados:

Propiedades	AGREGADO	
	FINO	GRUESO
M.F	2.52	-
TM	-	2.54 cm
TMN	-	1.90 cm
W%	3.63%	1.14%
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.73	2.65
Absorción (%)	2.92%	2.25%
PUSS (kg/m <sup>3</sup> )	1573.48	1303.95
PUSC (kg/m <sup>3</sup> )	1708.96	1384.95
Abrasión (%)	40.46%	

La tabla muestra los resultados de los ensayos realizados tanto al agregado fino como al agregado grueso.

Además, se seleccionó el cemento, que para el caso fue el cemento Tipo I, cuyo peso específico fue de 3.18 gr/cm<sup>3</sup>. El agua fue potable, la cual cumple con los requisitos normativos.

En cuanto a las cenizas de bagazo de caña de azúcar, para la obtención, primero se tuvo que buscar terrenos de caña de azúcar, encontrando en grandes cantidades en el centro poblado San Martín. En la provincia de Cajabamba departamento de Cajamarca, en este lugar el bagazo de caña lo usan como fuente de energía para realizar la miel de caña que es uno de los productos que se realizan en la zona. De los hornos en los cuales se quemaron por cantidades el bagazo de caña, se procedió a recolectar las cenizas, para poder incorporar las cenizas, se debe realizar un tamizado por el tamiz 100, ya que este tamaño hace que las partículas se asemejen a las del cemento, para un mejor desenvolvimiento en la resistencia a compresión.

Para las cenizas de afrecho de cebada se ubicó terrenos de cebada para obtener sus residuos, estos los obtuvimos en la carretera Cajamarca- La encañada, en esta zona se dedican a la siembra de granos como cebada, avena y trigo, por lo cual es abundante el afrecho, debido a que solo utilizan para la venta el grano, el afrecho lo utilizan como alimento para animales o como abono para nutrir el suelo. De dichas cosechas llenamos el afrecho en sacos para llevarlos al horno para obtener la ceniza, tamizando estas cenizas por el tamiz 100 para posteriormente adicionar a la mezcla de concreto.

Con los materiales debidamente estudiados y seleccionados, se procedió a realizar el diseño de mezcla por el método ACI – 211, teniendo como resultado la siguiente dosificación.

Descripción	Tipo	Valor	Unidad
	Cemento	14.72	Kg
Peso para 6 probetas	Agua	8.38	l
	A. Fino	27.89	Kg
	A. Grueso	36.38	Kg

Descripción	Tipo	Valor	Unidad
	Cemento	14.72	Kg
Peso para 6 probetas, Adición de 5% CBCA	Agua	8.38	l
	A. Fino	27.89	Kg
	A. Grueso	36.38	Kg
	5%	1.59	kg

Descripción	Tipo	Valor	Unidad
	Cemento	14.72	Kg
Peso para 6 probetas, Adición de 10% CBCA	Agua	8.38	l
	A. Fino	27.89	Kg
	A. Grueso	36.38	Kg
	10%	3.17	kg

Descripción	Tipo	Valor	Unidad
	Cemento	14.72	Kg
Peso por tanda Adición de 15% CBCA	Agua	8.38	l
	A. Fino	27.89	Kg
	A. Grueso	36.38	Kg
	15%	4.76	kg

Las tablas muestran las cantidades de materiales necesarias para elaborar las probetas de concreto con diferentes porcentajes de adición de CBCA Y CAC.

Posteriormente se elaboraron las probetas de concreto, cuya cantidad fue de seis (06) para cada edad y para cada porcentaje de adición. El número de muestras para cada

material (ceniza de afrecho de cebada y ceniza de bagazo de caña de azúcar), se indicará en las siguientes tablas.

TABLA 6  
NÚMERO DE PROBETAS PATRÓN.  
DÍAS DE CURADO

Número de probetas patrón	7 días	14 días	28 días
18	6	6	6

TABLA 7  
NÚMERO DE MUESTRAS CON ADICIÓN DE AFRECHO DE CEBADA.  
DÍAS DE CURADO

Porcentaje de adición en las probetas de concreto elaboradas con ceniza de afrecho de cebada.	7 días	14 días	28 días
5%	6	6	6
10%	6	6	6
15%	6	6	6

TABLA 8  
NÚMERO DE MUESTRAS CON ADICIÓN DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR.  
DÍAS DE CURADO

Porcentaje de adición en las probetas de concreto elaboradas con ceniza de afrecho de bagazo de caña de azúcar.	7 días	14 días	28 días
5%	6	6	6
10%	6	6	6
15%	6	6	6

Las tablas 6, 7 y 8 muestran el número de probetas por cada adición de CBCA y CAC, a edades de 7, 14 y 28 días.

#### PRUEBAS DE CONCRETO:

Pruebas de concreto en estado fresco:

Una vez realizada la mezcla se realizaron las siguientes pruebas

- Asentamiento del concreto, ASTM C-143 / NTP 339.035  
Obteniendo un valor de 4" equivalente a una consistencia plástica.
- Elaboración y curado de probetas cilíndricas en obra ASTM C31 / NTP 339.033.

Pruebas de concreto en estado endurecido:

- Resistencia a la compresión, ASTM C-39 / NTP 339.034.

Ya habiendo cumplido su curado los especímenes, se procedió a realizar el ensayo de rotura donde se colocará cada uno de los especímenes en la máquina de compresión axial.

Calculando la resistencia bajo la siguiente expresión:

$$f'c = \frac{F}{A}$$

Dónde:

$f'c$ = Resistencia a la compresión

F= Carga

A= Área

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentará los resultados obtenidos de los ensayos realizados al concreto endurecido. Se detallará los resultados mediante gráficos, correspondientes a los ensayos de resistencia a la compresión de los especímenes.

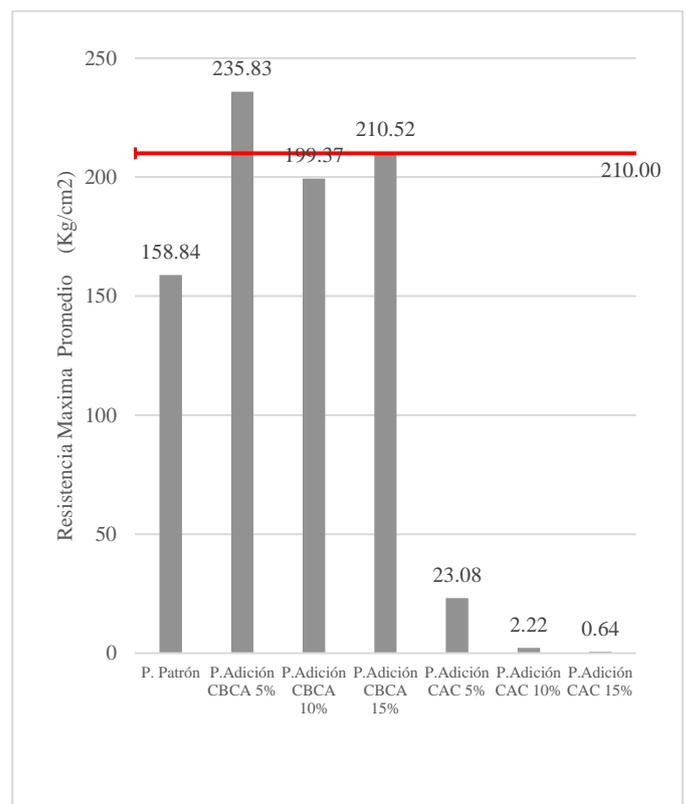


Fig.1 COMPARACIÓN DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN MÁXIMAS PROMEDIOS DE LAS PROBETAS CON ADICIONES DE CBCA, CAC Y PATRÓN A 7 DÍAS DE CURADO.

En la figura 1 se observa la resistencia a la compresión promedio de los especímenes patrón y con adiciones de 5%, 10% y 15% de CBCA y CAC, ensayadas a los 7 días de edad.

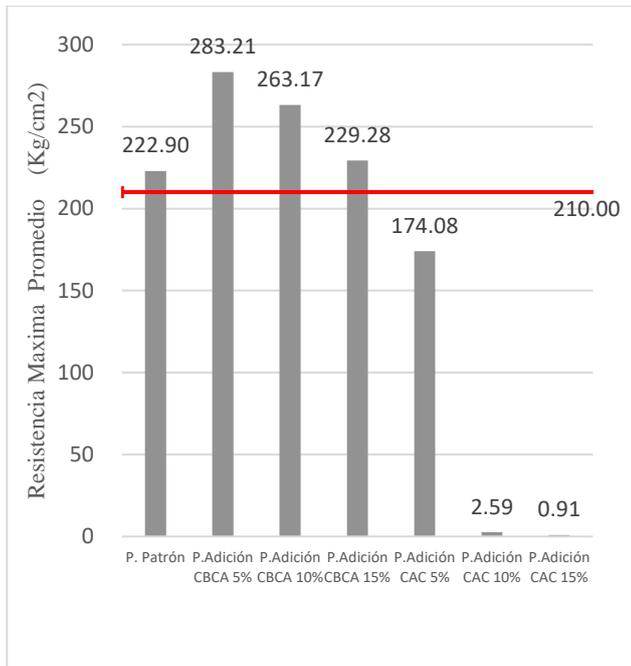


Fig.2 COMPARACIÓN DE LAS RESISTENCIAS MÁXIMAS PROMEDIOS DE LAS PROBETAS CON ADICIONES DE CBCA, CAC Y PATRÓN A 14 DÍAS DE CURADO.

En la figura 2 se observa la resistencia a la compresión promedio de los especímenes patrón y con adiciones de 5%, 10% y 15% de CBCA y CAC, ensayadas a los 14 días de edad.

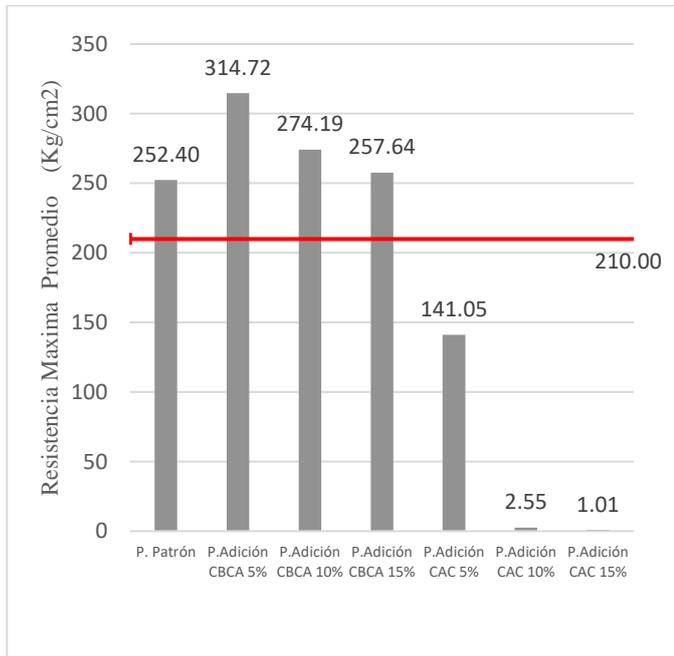


Fig. 3 COMPARACIÓN DE LAS RESISTENCIAS MÁXIMAS PROMEDIOS, DE LAS PROBETAS CON ADICIONES DE CBCA, CAC Y PATRÓN A LOS 28 DÍAS DE CURADO.

En la figura 3 se observa la resistencia a la compresión promedio de los especímenes patrón y con adiciones de 5%, 10% y 15% de CBCA y CAC, ensayadas a los 7 días de edad.

#### IV. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la comparación final de la resistencia máxima de los especímenes patrón, CBCA y CAC. Determinamos que la mejor adición es la de 5% de CBCA, ya que tiene un incremento aproximado del 30% sobre la resistencia de diseño  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y sobre la resistencia de las probetas patrón, a diferentes edades. Las probetas con adición de 15% y 10% de CBCA también tienen una resistencia mayor a las patrón y al  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , pero son menores a las registradas con una adición del 5%. Las adiciones de CAC tienen una disminución en todos sus porcentajes de adición principalmente en sus porcentajes de 10% y 15% de CAC.

Jiménez Chávez, (2016), incorporó ceniza de bagazo de caña de azúcar, en porcentajes de 8%, 10% y 12%, para la mejora de la resistencia del concreto  $f'c= 210 \text{ kg/m}^2$ , en los resultados que obtuvo indica que a los 7 días las resistencias registradas son similares a la resistencia de la probeta patrón.

Se concluye finalmente, que el uso de las adiciones de CBCA se debe hacer en porcentajes de 15% o menores, y que se pueden utilizar en elementos estructurales debido a su alta mejora en la resistencia a compresión del concreto. Por otro lado, las adiciones de CAC no deberían ser usadas en elementos estructurales, debido a que no cumplen los requisitos normativos que establece el ACI 318-19 sobre los requisitos de la resistencia a compresión del concreto.

#### RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar la ceniza de bagazo de caña de azúcar CBCA, en porcentajes de 5% de adición, ya que se evidenciaron excelentes resultados a compresión.

No se recomienda el uso de ceniza de afrecho de cebada CAC, esto debido a que se evidenció que la resistencia a compresión del concreto, disminuye considerablemente en comparación a otras adiciones.

#### REFERENCIAS

- [1] Sarta Forero, H. N., Silva Rodríguez, J. L., & Calderón Vega, S. (junio de 2017). Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibras de acero al 4% y 6%. Colombia: Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia (RIUCaC). <http://hdl.handle.net/10983/14513>
- [2] Fernández, A., Morales, J., & Soto, F. (agosto de 2016). Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS, para edades mayores que 28 días. Venezuela: REDALYC.ORG. <https://www.redalyc.org/pdf/707/70746634010.pdf>
- [3] Águila Arboláez, I. (diciembre de 2015). Cementos puzolánicos una alternativa para Venezuela. Venezuela: Tecnología y Construcción. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_tc/article/view/3583](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_tc/article/view/3583)
- [4] Vidal, D. V., Torres, J., & González, L. O. (mayo de 2014). ceniza de bagazo de caña para elaboración de materiales de construcción: estudio preliminar. Colombia. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/materiales/article/view/19329>

- [5] Salazar, A. (2019). ¿Qué es una puzolana? Perú. [https://www.academia.edu/24569108/Puzolonas\\_Texto\\_elaborado\\_por\\_Alejandro\\_Salazar\\_J-](https://www.academia.edu/24569108/Puzolonas_Texto_elaborado_por_Alejandro_Salazar_J-)
- [6] ASTM C-136 / NTP 400.037, Análisis granulométrico de los agregados fino y grueso.
- [7] ASTM C-556 / NTP 339.185, Contenido de humedad de los agregados fino y grueso.
- [8] ASTM C-29 / NTP 400.017, Peso unitario de los agregados fino y grueso,
- [9] ASTM C-128 / NTP 400.022, Peso específico y absorción del agregado fino.
- [10] ASTM C-127 / NTP 400.021, Peso específico y absorción del agregado grueso.
- [11] ASTM C 131 / NTP 400.019, Resistencia a la abrasion.
- [12] ASTM C-143/ NTP 339.035, Asentamiento del concreto.
- [13] ASTM C31 / NTP 339.033, Elaboración y curado de probetas cilíndricas en obra
- [14] ACI 211. Dosificación de Mezclas de Hormigón, American Concrete Institute
- [15] Resistencia a la compresión, ASTM C-39 / NTP 339.034.
- [16] Jiménez, G. A. (2016). Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> con la adición de diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar, UPNC 2016 (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/9982>
- [17] ACI 318, Requisitos de Reglamento para concreto Estructural, American Concrete Institute. [https://www.usb.ac.ir/FileStaff/5526\\_2020-1-25-11-12-7.pdf](https://www.usb.ac.ir/FileStaff/5526_2020-1-25-11-12-7.pdf)