



**3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008**  
Chihuahua; Chih. México  
Del 12 al 14 de Noviembre



**RESISTENCIA MECÁNICA DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN  
DE 2 Y 4 % DE BAGAZO DE CAÑA**

R. Romero<sup>1\*</sup>, M.A. Baltazar<sup>1</sup>, D. Nieves<sup>1</sup>, U. Bañuelos<sup>2</sup>  
R. Hernández<sup>2</sup>, G.Fox<sup>1</sup>, H. Hernandez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Académico de Fac. de Ing. Civil - Xalapa UV. Circ. G. Aguirre Beltrán s/n Xalapa, Ver.

<sup>2</sup> Estudiantes Fac. de Ing. Civil - Xalapa UV. Circ. G. Aguirre Beltrán s/n Xalapa, Ver.

Esta investigación pretende encontrar materiales de construcción alternativos a los sistemas tradicionales. La utilización de fibras naturales como el bagazo puede ser una posibilidad real para sustituir agregados gruesos en la elaboración del concreto ya que es considerado como desperdicio en la industria azucarera y representa una fuente renovable continua. Se utilizó el bagazo tal cual fue proporcionado por el ingenio azucarero y se compararon los resultados con el mismo bagazo pero tratado con parafina por efectos de la alcalinidad. La investigación fue realizada con distintos porcentajes de bagazo (0%, 2% y 4%) sustituyendo parcialmente a los agregados gruesos. Se logró una diferencia de 1% en la resistencia a compresión del concreto para el bagazo, sustituyendo 4% al agregado grueso. Por lo tanto el bagazo puede fungir como un sustituto parcial de los agregados gruesos, sin alterar de manera significativa la resistencia a compresión del concreto.

**Palabras claves:** Concreto, bagazo, compresión, fibra natural, materiales de construcción.

This research tries to find alternatives materials constructions to the traditional systems. The use of naturals fibers like bagasse could be a real possibility to substitute gravel in the elaboration of the concrete since it is considerate like a waste of the sugar industry and represent a continue renewable source. The bagasse was in use as is it was provided by the sugar ingenuity and the results were compared with the same bagasse but agreement with paraffin by effects of the alkalinity. The research was realized by different percentages of bagasse (0 %, 2 % and 4 %) replacing partially the gravel. There was achieved a difference of 1 % in the resistance to compression of the concrete one for the bagasse, replacing 4 % the gravel. Therefore the bagasse can to work as a substitution partial of the gravel attachés, without altering in a significant way the resistance to compression of the concrete.

**Keywords:** Concrete, bagasse, compression, natural fiber, building materials..



## 3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008 Chihuahua; Chih. México Del 12 al 14 de Noviembre



### INTRODUCCIÓN

El problema del deterioro ambiental y de los procesos de contaminación han adquirido a últimas fechas gran importancia, no sólo por la conciencia que se ha creado en torno al problema, sino por la imperiosa necesidad de resguardar la vida y entorno humano. Por primera vez en la historia, las actividades humanas han llegado a niveles en que podría alterarse el clima del planeta y su medio ambiente. Tales actividades han generado un gran consumo de los recursos naturales para usarse como materia prima y generar nuevos productos, tal es el caso del concreto utilizado en la construcción de obras civiles, lo cual ha provocado un desequilibrio ecológico creciente. Esta investigación pretende encontrar materiales de construcción alternativos a los sistemas tradicionales para tratar dar un uso a los desechos de las industrias, los cuales, en la mayoría de los casos, no son reciclados o reutilizados, y la mayor parte son arrojados al medio ambiente como basura, como es caso del bagazo de caña y el cual es el objeto de estudio en esta investigación.

La utilización de fibras naturales como el bagazo puede ser una posibilidad real para sustituir agregados gruesos en la elaboración del concreto, ya que están disponibles en grandes cantidades, es un producto considerado como desperdicio en la industria azucarera y representa una fuente renovable continua. Uno de los problemas a los que se enfrenta esta investigación es que la fibra del bagazo es afectada principalmente por la alcalinidad de la matriz de concreto<sup>1</sup>, para ello se dividió el estudio en dos fases, en la primera se utilizó el bagazo tal cual fue proporcionado por el ingenio azucarero, haciéndole un cribado y homogeneizando el bagazo, en la segunda fase se empleó el mismo bagazo pero tratado con parafina debido a que la durabilidad del compuesto dependerá entonces de la protección que tenga la fibra y de las características de impermeabilidad propias.

La investigación fue realizada con distintos porcentajes de bagazo (0%, 2% y 4%) sustituyendo parcialmente a los agregados gruesos, haciendo una caracterización de los materiales empleados para realizar el concreto. Dentro de los resultados se obtuvo una disminución máxima del 8% en la resistencia del concreto para el bagazo sin tratar, sustituyendo 2% a los agregados gruesos y para el bagazo tratado con parafina se obtuvo una disminución de la resistencia en promedio de 1% sustituyendo un 4% con bagazo a los agregados gruesos. Por lo tanto el bagazo puede fungir como un sustituto parcial de los agregados gruesos, sin alterar de manera significativa la resistencia a compresión del concreto.

### PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La presente investigación se realizó a cabo en el laboratorio de materiales y mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Veracruzana. Los materiales empleados en la investigación fueron Cemento Portland tipo I CCR-30, fibra de bagazo de caña (FBC) proveniente del ingenio “La Concepción”, municipio de Jilotepec, Veracruz y los agregados gruesos y finos aquellos utilizados de la región.

#### **Preparación de las fibras del bagazo de caña (FBC)**

Las FBC poseen cierto nivel de azúcares residuales por lo que se procedió a su lavado<sup>1</sup>, el propósito de este lavado es eliminar la presencia de carbohidratos libres, luego se secó al sol para evitar problemas de ataque de hongos y plagas. En la figura 1 se observa las FBC utilizadas y proceso de desmenuzamiento a fin de evitar aglomeraciones.



**Figura 1.** Proceso de desmenuzamiento de la FBC.



**Figura 2.** Proceso de desmenuzamiento de la FBC.

Posteriormente las FBC se pasaron por la malla N° 6 (figura 2) para que el tamaño de las FBC sea lo más uniforme posible y teniendo el antecedente que estas fibras han resultado favorables en investigaciones anteriores<sup>1,2,3</sup>. Este proceso también permite eliminar el polvo y materia extraña que pudieran afectar el fraguado del concreto.

### **Tratamiento de bagazo con parafina**

El objetivo de esta investigación es analizar el comportamiento de las resistencias de un concreto con Fibra de Bagazo de Caña sin tratar y tratada previamente con parafina, figuras 3 y 4, con la finalidad de hacer un análisis comparativo a través de ensayos a compresión.



**Figura 3.** Parafina utilizada para el tratamiento de las FBC.



**Figura 4.** Momento en que la parafina se derrite.

Las FBC se saturaron en la parafina por un periodo de tiempo de 5 min, de tal manera que permitiera la absorción completa, durante ese periodo se mantuvo la fibra en constante movimiento a fin de que toda la fibra estuviese en contacto con la parafina y para evitar grumos.<sup>1</sup> Para saber la cantidad de fibra a utilizar es necesario calcular primero las cantidades de agregados (gruesos y finos), agua y cemento para la mezcla de concreto, en este caso la relación a/c a emplear será de 0.45.



## 3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008

Chihuahua; Chih. México  
Del 12 al 14 de Noviembre



### Pruebas realizadas a los agregados finos

Para tomar una muestra representativa del agregado fino, se llevó a cabo la prueba de cuarteo, la cual consiste en tomar cuartos opuestos de una mezcla para que la muestra sea lo más representativa posible, a la cual se le harán las pruebas necesarias.<sup>4,5,6</sup> La prueba de cuarteo se realizó de manera similar con el agregado grueso. Después del cuarteo las muestras se colocaron en superficies secas y limpias para el secado al sol.

### Proporcionamiento de la mezcla

El proporcionamiento no es más que, la determinación de las cantidades correctas de los agregados gruesos y finos, de agua y cemento, para que la mezcla sea de buena calidad y económica. Generalmente el diseño del proporcionamiento se hace para la elaboración de un metro cúbico de mezcla de concreto.<sup>7</sup> El proporcionamiento se realizó mediante el método de curvas y nomogramas de Abrams.

### Diseño de proporcionamiento de materiales para concreto hidráulico

#### *Datos de proyecto*

Condiciones de mezclado : Comunes

Relación agua/cemento: 0.45

Revenimiento propuesto: 4" (10 cm)

Tamaño máximo del agregado: 1"

A continuación se muestran los resultados de los análisis físicos de los materiales Tabla 1.

**Tabla 1.** Características de los materiales a utilizar

Material	Densidad	T. Máx.	Módulo de Finura	P.V.S.S.	Absorción	Humedad
Cemento	3.15			1520		
Agua	1.00			1000		
Grava	2.10	1 "		1560	11.70 %	5.30 %
Arena	1.90		2.40	1359	0.50 %	7.50 %

Con las características de los materiales y los datos obtenidos de las pruebas se procede a realizar el método del proporcionamiento con el cual se obtuvieron las cantidades en peso para los cilindros (Tabla 2).<sup>8</sup>

**Tabla 2.** Cantidades en peso de los materiales para elaborar un cilindro.

Material	Cantidad
Cemento	2.09 kg
Agua	1.05 lt
Grava	4.46 kg
Arena	2.91 kg

### **Elaboración de los especímenes**

El programa consistió en la elaboración de cilindros de 15 cm de diámetro por 30 cm de alto, manejando una relación constante a/c de 0.45, con tres porcentajes de fibra con y sin parafina, 0%, 2% y 4%, a ensayar a 7, 14 y 28 días, se elaboraron por triplicado para cada condición, con un total de 27 cilindros con parafina y 27 sin parafina. Para el colado de los cilindros se elaboraron una primera serie de 9 cilindros con las cantidades obtenidas en el proporcionamiento, estos especímenes servirán como testigos.<sup>9,10,11</sup> Las cantidades de fibra que se utilizaron en las mezclas, se obtuvieron en relación al peso del agregado grueso, es decir, para el colado de los especímenes con 2.00% de FBC, se obtuvo el 2.00% de la cantidad total de agregado grueso, esa cantidad es la que se va a añadir de FBC. Ese mismo peso se le restará a la cantidad total de agregado grueso. Lo mismo sucede para el caso del 4.00%.

### **Resistencia a la compresión**

Los parámetros de los especímenes se refieren a la geometría de los moldes y a las condiciones de humedad. Los moldes comunes tienen forma de cilindro, las medidas estándar de los moldes para pruebas a compresión son de 15 cm de diámetro por 30 cm de alto, se utilizan otros tamaños de moldes pero según pruebas realizadas los moldes con relación longitud/diámetro igual a 2 y con un diámetro menor de 45 cm son las más adecuados. También se pueden utilizar los prismas de concreto simple, ensayados con la dirección de la carga paralela al eje longitudinal del prisma.<sup>10,11,12</sup>

Las condiciones de curado influyen en la resistencia a la compresión de un espécimen (figura 5). El proceso de curado está especificado en las normas, para pruebas de compresión se sugiere que el espécimen se encuentre curado.<sup>7,13</sup>



**Figura 5.** Cilindros en la cámara de curado.

El nivel y duración de aplicación de carga afectan de la manera siguiente, cuando la carga es menor que  $f^c$  última, la duración para que ocurra la falla es larga, si es cercano que  $f^c$ , la falla se puede presentar inmediatamente. Con respecto a la velocidad de aplicación, a alta velocidad de aplicación mayor es el valor de la resistencia, la velocidad recomendada es de 2.46 kg/seg.<sup>4</sup>

### Pruebas de los cilindros

Los cilindros se ensayaron en el laboratorio certificado de control de calidad de la planta de CEMEX ubicada en el municipio de Banderilla, Veracruz. El laboratorio cuenta con una Prensa marca ELE internacional. Se cabecearon con un azufre certificado, luego se dejó secar el azufre por un lapso de una hora para permitir la buena adherencia, mientras transcurría ese lapso, los cilindros fueron cubiertos con una franela húmeda. A continuación se muestran algunas imágenes del ensayo de los cilindros (figura 6 y 7):



**Figura 6.** Cilindro en el momento de aplicación de la carga.



**Figura 7.** Cilindro después de la aplicación de la carga.

### RESULTADOS

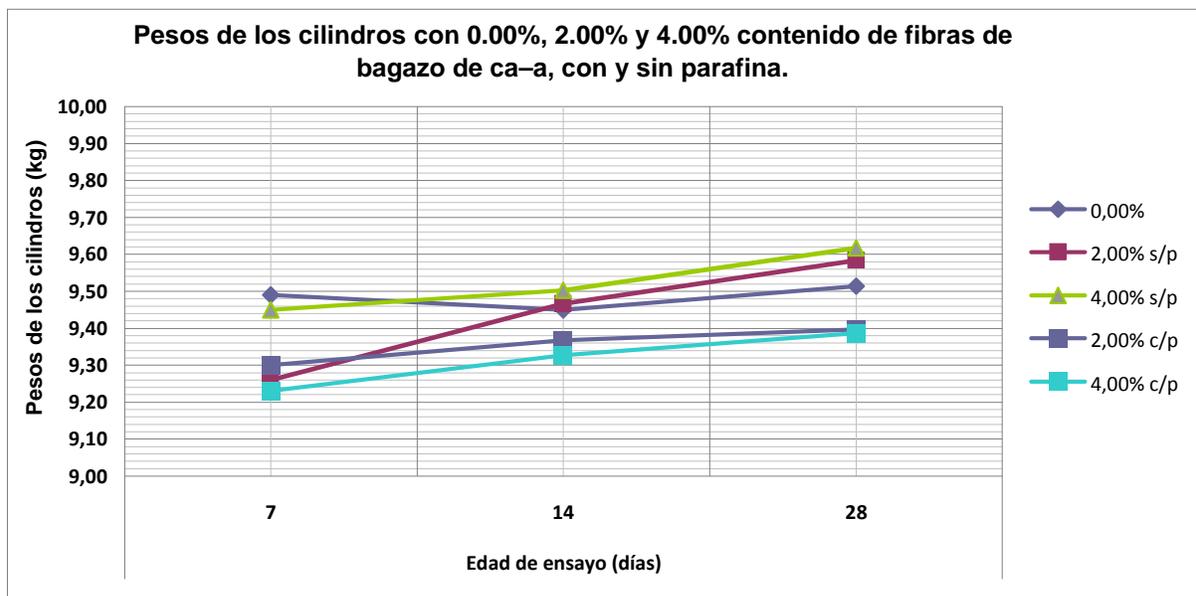
En la tabla 3 se muestran los resultados comparando los pesos de los cilindros con la finalidad de analizar cuales cilindros son más ligeros, ya que se pensaría que a mayor porcentaje de bagazo en los cilindros tenderían a tener un menor peso.

**Tabla 3.** Comparación de pesos promedio en cilindros.

Contenido de Fibras	Condiciones de las Fibras	Pesos obtenidos (kg)		
		Edad de ensayo (días)		
		7	14	28
0.00%	sin tratamiento	<b>9.49</b>	<b>9.45</b>	<b>9.51</b>
2.00% s/p	sin tratamiento	<b>9.26</b>	<b>9.47</b>	<b>9.58</b>
4.00% s/p	sin tratamiento	<b>9.45</b>	<b>9.50</b>	<b>9.62</b>
2.00% c/p	con parafina	<b>9.30</b>	<b>9.37</b>	<b>9.40</b>
4.00% c/p	con parafina	<b>9.23</b>	<b>9.33</b>	<b>9.39</b>

Como se logra observar en la figura 8 los cilindros con bagazo sin parafina (2% y 4%), son los más pesados, esto se debe a que absorben demasiada agua. Por el contrario el bagazo tratado con parafina son los más ligeros debido a que la parafina forma una capa impermeable y el agua se distribuye de manera que reaccionen los agregados y por ello no ocupó más espacio en el cilindro el cemento.

**Figura 8.** Comparación de pesos de los cilindros



\* s/p Bagazo de caña sin parafina. c/p Bagazo de caña con parafina.

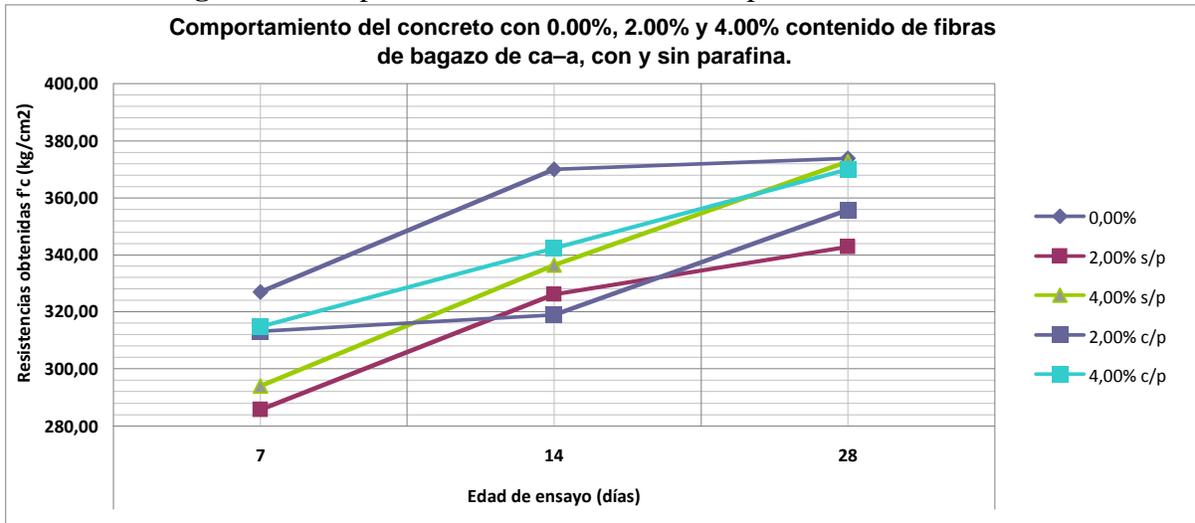
En la siguiente tabla 4 se mostrarán los resultados obtenidos con los ensayos a compresión de los cilindros, con y sin parafina.

**Tabla 4.** Comparación de resistencias promedio en cilindros.

Contenido de Fibras	Condiciones de las Fibras	Resistencias obtenidas promedio f'c (kg/cm <sup>2</sup> )		
		Edad de ensayo (días)		
		7	14	28
0.00%	sin tratamiento	326.99	370.07	373.92
2.00% s/p	sin tratamiento	285.83	326.22	342.76
4.00% s/p	sin tratamiento	293.90	336.41	372.77
2.00% c/p	con parafina	313.14	318.91	355.84
4.00% c/p	con parafina	314.69	342.38	370.07

En la figura 9 se logra observar que no existe gran diferencia a los 28 días entre los distintos porcentajes de resistencia ya que la mayor diferencia entre los cilindros testigos y los cilindros es de 1. Por lo tanto el bagazo puede fungir como un sustituto parcial de los agregados gruesos, sin alterar de manera significativa la resistencia a compresión del concreto.

**Figura 9.** Comparación de resistencias a compresión de los cilindros



### CONCLUSIONES

Las resistencias obtenidas en los ensayos a compresión de los especímenes con diferentes porcentajes de fibras de bagazo de caña no variaron considerablemente con respecto a las resistencias que se obtienen a partir de un concreto normal. La aportación de las fibras de bagazo de caña en cuanto a propiedades se reflejó en el aumento de tenacidad, ya que las fibras formaron un puente entre las grietas provocando un aumento en la resistencia, por tal motivo es que no se observa una diferencia considerable entre las resistencias de los diferentes especímenes.

El adiconamiento de las fibras mejoró las características y propiedades mecánicas del concreto simple, por otro lado, no se puede afirmar que entre más contenido de fibra incrementará la resistencia, debido a que entre más fibra el concreto se volvería frágil, y la trabajabilidad del mismo se complica.

Los materiales con los cuales se basan los métodos para el proporcionamiento de las mezclas son de alta calidad y en la mayoría de las ocasiones los autores utilizan los que ellos consideran adecuados y particularmente con los que cuenta la región, sin embargo, no todos los agregados son iguales y su comportamiento es variable, provocando afectaciones en los resultados.

Aun así y con el antecedente de otras investigaciones se logró que; el contenido ideal para lograr un resistencia semejante a cualquier concreto normal elaborado con los mismos materiales, en las mismas condiciones, y con el mismo proceso de elaboración, fue en ambos casos, con fibras tratadas y no tratadas, el 4 % arrojó los mejores resultados.

Con el avance de la ciencia y tecnología los recursos se han ido agotando y el deterioro del planeta va en aumento por tal motivo es importante realizar investigaciones que ayuden a evitar que se siga por el camino que hasta el momento nos ha llevado terminar nuestras materias primas y recursos naturales. Como en todo experimento, los resultados exitosos se obtienen a base de la prueba y el error, lo importante es no desistir y seguir adelante sabiendo que camino ya se recorrió así para no llegar al mismo resultado.



**3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008**  
Chihuahua; Chih. México  
Del 12 al 14 de Noviembre



**AGRADECIMIENTOS**

Se agradece a CEMEX por el apoyo otorgado para la realización de este proyecto de investigación, al prestar el laboratorio de control de calidad.

**REFERENCIAS**

1. A. Juárez, C. A., L. P Rodríguez,, & V. R. Rivera.. *Uso de fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en concreto*. Ingenierías. UANL Nuevo León, México. (2004) pp 7-19
2. O. Saraz, & F.Varón Aristizabal. *Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar*. Medellín, Colombia. (2007)
3. S. L.Quintero, & L. O. González, *Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto*. Palmira, Colombia. (Julio-Diciembre de 2006)
4. K. Mehta y P. Monteiro, *Concreto. Estructura, propiedades y materiales*. IMCYC(1998)
5. Norma COVENIN 0255: “*Agregados. Determinación de la composición granulométrica*”
6. Norma IRAM 1505: “*Agregados, análisis granulométrico*” .
7. M. A. Baltazar Zamora, *Manual de prácticas de laboratorio de concreto*, UV Fac. IC. Xalapa.
8. 211.1, A. *Proporcionamiento de mezclas. Concreto normal, pesado y masivo*. México: IMCYC. (2004)
9. M. Ferrer, (1994). *Manual de Tecnología del Concreto*. México: Limusa.
10. S. H. Kosmatka, & B. Kerkhoff, *Diseño y control de mezclas de concreto*. México: IMCYC. (2004)
11. M. Neville, A. *Tecnología del concreto* . México: IMCYC. (1999)
12. M. A. Cañas Lazo, & M. E. Retana Martínez, *Establecimiento de una relación entre el módulo (fr) y la resistencia a la compresión (f'c) para mezclas de concreto hidráulico en El Salvador*. El Salvador: B. Calvo, M. Maya, J.L. Parra, Editores. (2001)
13. ACI-308. (1994). *Curado del concreto*. México: ICMYC.