



## **DESEMPEÑO DE LA CASCARILLA DE NUEZ COMO MATERIAL ADHESIVO ALTERNATIVO AGREGADO AL CONCRETO**

O. Alquicírez, J.G. Chacon, J.M. Lugo Cuevas<sup>1</sup>

Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., Miguel de Cervantes 120, Complejo Industrial Chihuahua.  
Chihuahua, Chih. México, C.P. 31109.

### **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo es definir el procedimiento para obtener y caracterizar un material que funcione como una adición y sustituto parcial del cemento que constituye la porción del material cementante en el concreto. La solución propuesta implicó un material compuesto de ceniza de cascarilla de nuez y arcilla utilizada como aglutinante, que después de ser calcinado a diversos intervalos de tiempo y temperaturas mostró un incremento en su contenido de sílice y alúmina. Los resultados demostraron que sustituyendo un porcentaje de cemento por las cenizas producto de la cascarilla de nuez y arcilla en la mezcla de concreto se puede incrementar de manera estable la resistencia del concreto a largo plazo.

Palabras clave: Compuesto; Durabilidad; Ensayo de compresión; Ceniza volante; Adición.

### **ABSTRACT**

The objective of the present research is to define the procedure to obtain and to characterize a material that works like an addition and partial substitute of the cement that constitutes the portion of the cementitious material in the concrete. The propose solution implied a material composed of ash of husk of nut and clay used like binder, that after being burnout at diverse time intervals and temperatures showed to an increase in its content of silica and alumina. The results demonstrated that replacing a percentage of cement by ashes product of the nut husk and clay in the mixture of concrete the resistance of the concrete can be increased in the long term of stable way.

Keywords: Composite; Durability; Compressive strength test; Fly ash; Addition.

### **DISCUSION**

Dado que propiedades primordiales para los usuarios de materiales de construcción son la resistencia mecánica y la durabilidad, se pudieron obtener ventajas que pueden explotarse del empleo de materiales cementosos constituidos parcial o totalmente por desechos o subproductos de la industria agrícola tales como mejorar las propiedades mecánicas del concreto, obtener una extensión de la capacidad de producción del cemento cuando se usan como reemplazo sin requerir de procesamiento térmico adicional lo cual se traduce en un ahorro de energía y menor contaminación, además de reducir de la acumulación de desechos en tiraderos o rellenos.



## 3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008

Chihuahua; Chih. México  
Del 12 al 14 de Noviembre



### INTRODUCCIÓN

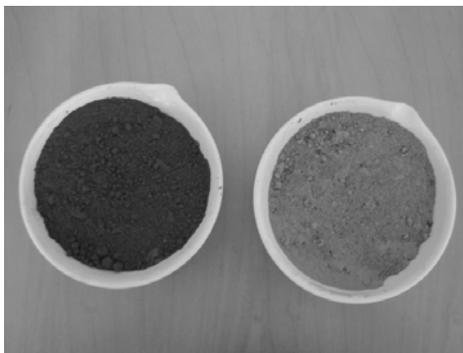
El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado grueso, agregado fino y agua. El material cementante en el concreto es el cemento, sin embargo existen adiciones a la mezcla que constituyen un porcentaje del material cementante en el concreto. Las razones principales de las adiciones al cemento son tecnológicas, económicas y ambientales. Estas adiciones son generalmente subproductos de procesos o materiales de origen natural. Alguno de estos materiales son denominados puzolanas, que por sí mismos no tienen propiedades cementantes pero que reaccionan con el cemento Portland para adquirir estas propiedades. Es conocida la importancia del uso de las Puzolanas como adiciones activas al Cemento Portland Ordinario formando los llamados “cementos mezclados” para formar los llamados aglomerantes de cal-puzolana<sup>1</sup>. Algunos materiales naturales pueden ser procesados para adquirir propiedades puzolánicas. En nuestro país la cascarilla de nuez es un subproducto de la industria molinera, que resulta abundantemente en las zonas productoras de nuez no solo de México sino también en muchos países y que ofrece buenas propiedades que podrían ser utilizadas como material de reemplazo parcial del Cemento Pórtland para la elaboración de concreto. Entre sus principales propiedades físico-químicas tenemos que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo es el transporte. La cascarilla de nuez puede llegar a ser una fuente para la preparación de sílice geotérmica, la cual, en algunos estudios se ha demostrado su carácter puzolánico<sup>2</sup>. Además, se sabe que los materiales como la sílice condensada y la escoria inducen propiedades de alta resistencia mecánica<sup>3</sup>.

### PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La cascarilla de nuez utilizada en el procedimiento experimental se obtuvo de un centro de trituración local ubicado al norte de la Ciudad de Chihuahua después del proceso de descascaramiento de la nuez. El primer paso fue obtener la caracterización morfológica y la composición química de la cascarilla de nuez sin ningún tratamiento previo. Para obtener cenizas puzolánicas se trabajó con muestras elaboradas de biomasa (cascarilla nuez) utilizando como aglutinante la arcilla, la cual se activa térmicamente, resultando un material puzolánico. De aquí se obtuvo una briqueta o bloque sólido combustible, que puede ser utilizado además como fuente alternativa de energía. Para elaborar el bloque sólido combustible se realizó un proceso de densificación. Este proceso comenzó por la preparación de la biomasa. La cascarilla de nuez fue utilizada en condiciones reales como residuo agrícola, con un tamaño de partícula máxima de aproximadamente 5 mm y presencia de polvillos característicos de color marrón. Se trabajó con 25% de arcilla con respecto al peso total de la briqueta, empleándose una cantidad constante de biomasa. Se mezcló uniformemente la arcilla con la cascarilla de nuez y se adicionó agua logrando que la masa alcanzara un grado de plasticidad adecuado. Posteriormente se realizó la compactación AASHTO del bloque sólido combustible aplicando la prueba para materiales Proctor Estándar<sup>4</sup>, lo cual permite reducir el volumen, facilita su manejo y transporte además de hacer más eficiente el proceso combustión. Las muestras del material fueron sometidas al tratamiento térmico en crisoles de cerámica del diámetro de 24.5 cm. Los ciclos de combustión fueron realizados en un horno mufla Fisher Scientific (58P) con una velocidad de calentamiento

de 10 °C/min. Cada muestra fue sometida a una temperatura máxima (500, 600 y 700°C) para 1, 2 y 3 horas. Algunos estudios han reportado que la temperatura de la carbonización es preferente por debajo de los 700°C para evitar transformaciones de sílice en su forma amorfa a la forma cristalina<sup>5</sup>. Con el objeto de eliminar residuos de carbón se ha reportado que recalentando la ceniza durante periodos relativamente largos de tiempo y a altas temperaturas es posible lograr tal fin, sin embargo, el silicio es convertido a su forma cristalina<sup>6</sup>. Las muestras fueron enfriadas dentro del horno. Las cenizas fueron tamizadas con el fin de fijar un tamaño máximo de partícula de 0.075mm y eliminar residuos de carbón. La composición química de los materiales (cenizas) se muestra en la Tabla 1.

Las muestras sin tratamiento son de color marrón con algunas partículas café, resultado de diversas etapas de la trituración de la nuez, después del proceso de calcinación el material se torna en un color grisáceo como se muestra en la Figura 1. Los análisis químicos cuantitativos y cualitativos de las cenizas de cascarilla de nuez se obtuvieron por el método de Espectroscopia de Energía Dispersiva (EDS). La distribución del tamaño de partículas fue determinada por la Microscopia de Transmisión con un microscopio Philips modelo CM200 de 200 Kilovolts.



**Figura 1.** Aspecto de la cascarilla de nuez como fue recibida y después del tratamiento térmico

**Tabla 1.** Composición química de la cascarilla de nuez antes y después de la calcinación a 500°C durante 3h.

Componentes	Cascarilla como fue recibida	Espécimen después de la combustión
C	65.61	-
O	33.18	48.12
Mg	0.13	3.40
Al	-	6.95
Si	0.11	20.00
P	0.12	0.93
S	0.12	0.68
K	0.39	5.03
Ca	0.33	8.63
Na	-	1.48

Se diseñó la proporción de dos mezclas de concreto mediante el método de volúmenes absolutos<sup>7</sup>. La primera, especificando que el 15% de material cementante fueran las cenizas obtenidas del proceso de calcinación y la segunda utilizando únicamente Cemento Portland Ordinario como material cementante en la mezcla. Se realizaron cilindros de ensayo de concreto (probetas) con la finalidad de garantizar que el proyecto cumple con los requerimientos especificados inicialmente que en este caso fue lograr una resistencia a la compresión  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup>. Para la realización del ensayo a compresión del concreto se moldearon especímenes cilíndricos de ensayo de 150 x 300 mm, se almacenaron en campo hasta que el concreto endureció de acuerdo con los requerimientos ASTM C31<sup>8</sup>. Además se ensayó también otra propiedad del concreto fresco que es el asentamiento (revenimiento). Para mantener la temperatura inicial de curado se sumergieron totalmente en agua como se ilustra en la Figura 2, este procedimiento es preferible ya que garantiza resultados de resistencia confiables. Posteriormente se elaboraron especímenes con la mezcla que contenía cenizas como sustituto parcial del cemento Portland siguiendo el mismo procedimiento de elaboración de la mezcla, revenimiento, cilindros de ensayo y ensayos de compresión como se muestra en la Figura 3. Las pruebas mecánicas se llevaron a cabo con el fin de estudiar el comportamiento de la nueva formulación y comparar su desempeño con el de un concreto comercial. Las probetas se ensayaron a los 7, 14 y 28 días.



**Figura 2.** Curado de cilindros de concreto



**Figura 3.** Ensayo de compresión del concreto

## RESULTADOS



## 3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008

Chihuahua; Chih. México

Del 12 al 14 de Noviembre

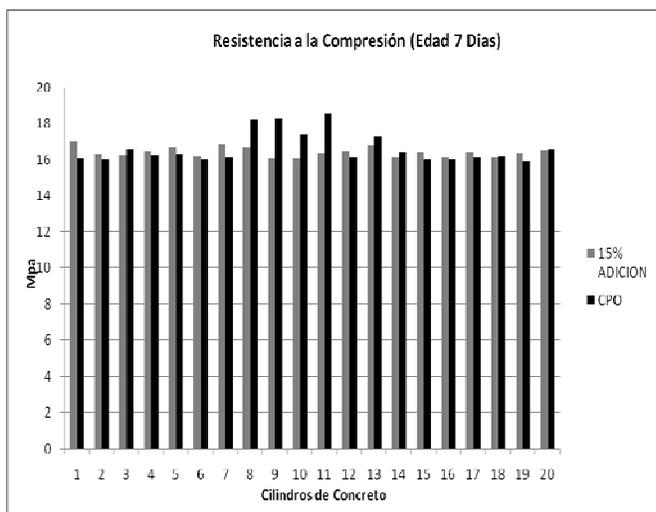


La muestra de ceniza de cascarilla de nuez expuesta a 500 y 700 °C durante 3 horas presentaron la cantidad más alta de sílice y aluminio comparada con las otras muestras. El contenido relativo de otros elementos varió en general con el aumento de temperatura y el tiempo de exposición. Los elementos presentes más comunes de la ceniza de cascarilla de nuez fueron el sodio, el potasio, fósforo, calcio y el magnesio. Pueden existir diferencias en la composición debido a los factores geográficos, al año de la cosecha, a la preparación de la muestra y a los métodos del análisis.

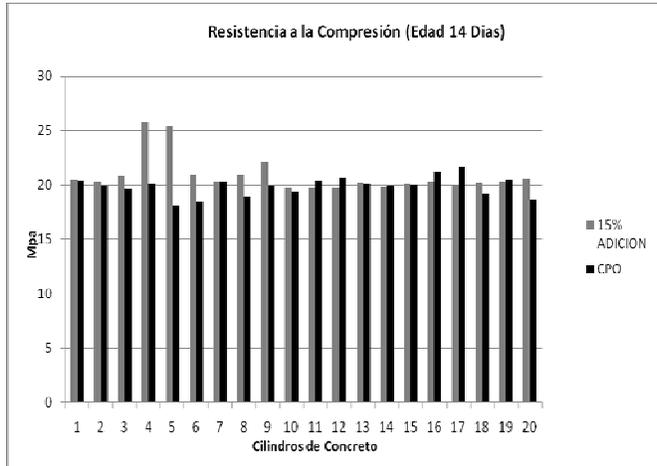
Dependiendo de la temperatura y tiempo de exposición es importante definir si el silicio se sigue presentando de forma amorfa o se convierte a una forma cristalizada. La disminución del área específica fue proporcional a la temperatura de combustión y al tiempo de exposición, disminuyendo porosidad. El cambio de color se asocia a la transformación estructural de los elementos durante la calcinación. Existen clasificaciones de materiales de acuerdo al color asociado al contenido de carbón, si la ceniza presenta un color oscuro se considera que existe un alto contenido de carbón, si es gris, existe un bajo contenido de carbón, y si es de color rosa o blanca está libre de carbón<sup>9</sup>. El contenido del carbón removido después de la calcinación así como las partículas mayores de .075 mm. se consideraron como un porcentaje de pérdidas en el fuego<sup>10</sup>.

El contenido de sílice y alúmina obtenido después de la calcinación y el tamizado del material redujeron el tamaño de las partículas y de la coloración gris provocada por el contenido de material carbonoso. El nivel del carbón detectado en las muestras antes del tratamiento térmico era de más del 50%, dicho nivel disminuyó considerablemente después de exponer la muestra a 500°C durante 3 horas, quedando en 1.14%. En el tratamiento térmico para 700°C durante 3 horas, se obtuvo una ceniza más bien blanca y más brillante.

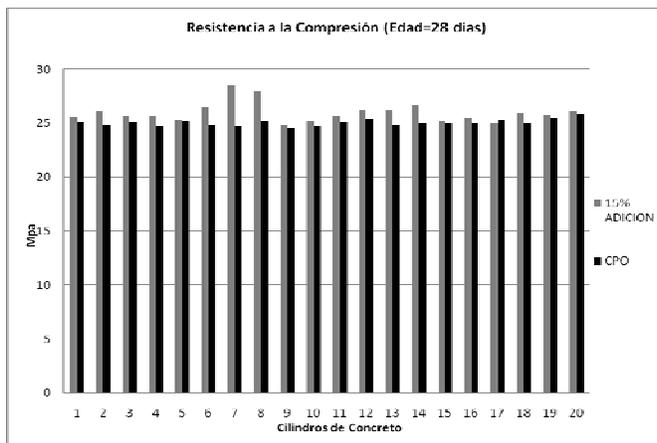
Los resultados de los ensayos de compresión aplicado a los cilindros de prueba de concreto elaborados con Cemento Portland Ordinario y con una adición de 15% de cenizas de cascarilla de nuez a las edades de 7, 14 y 28 días mostraron que la resistencia aumentaba y se estabilizaba proporcionalmente con la edad de las probetas. Los resultados se muestran en las Figuras 4, 5 y 6.



**Figura 4.** Ensayo de compresión del concreto a los 7 días



**Figura 5.** Ensayo de compresión del concreto a los 14 días



**Figura 6.** Ensayo de compresión del concreto a los 28 días

### REFERENCIAS

- 1 J.I. Escalante, materiales alternativos al cemento Pórtland, Avance y perspectiva vol. 21. (2002).
- 2 J.I. Escalante, Cement and Concrete Res. 29,623 (1999).
- 3 H. Uchikawa, Ceramics Transactions 40, 143 (1994).
- 4 Normas M-MMP-1-09/03 y M-MMP-1-09/06 "Compactación AASHTO, Normas SCT".
- 5 M. Patel, A. Karera, P. Prasanna, J. Mater. Sci. 22 (1987) 2457.
- 6 D.J. Cook, Concr. Techn. Des. 3 (1986) 171.
- 7 Design and control of concrete mixtures, 13th edition (1988): p91.
- 8 Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.02 Concrete and aggregates, ASTM, West Conshohocken, PA, www.astm.org



## 3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008

Chihuahua; Chih. México

Del 12 al 14 de Noviembre



- 9 D.F. Houston, Chem. and Techn., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 1972, p. 301.
- 10 J. James, M.S. Rao, Thermochem. Acta 97 (1985) 329.