

## **PONENCIA 149 bloque B1**

# **CARACTERIZACIÓN DE LOS COPOLÍMEROS POLI(ETILENO-CO-ACETATO DE VINILO) Y EVALUACIÓN DE SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MODIFICADAS DE LOS MORTEROS**

**Alexandra A. P. Mansur<sup>1</sup>, Otávio L. do Nascimento<sup>2</sup>, y Herman S. Mansur<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Metalúrgica y de los Materiales de la Universidad Federal de Minas Gerais, Rua Espírito Santo, 35/316 – Centro. Belo Horizonte/MG, 30.160-030, Brasil

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería y de Arquitectura de la Universidad FUMEC, Rua Cobre, 200 – Cruzeiro, Belo Horizonte/MG, 30.310-190, Brasil

\*hmansur@demet.ufmg.br

Palabras clave: EVA, morteros modificados, caracterización, propiedades de adherencia.

Resumen: El poli(etileno-co-acetato de vinilo), EVA, es un polímero redispersable en agua, utilizado como modificador de cemento. Los morteros de cemento pórtland modificados con látex a base de EVA son el producto estándar en el mercado para la colocación de baldosas cerámicas. Sin embargo, se comercializan varios látex de EVA con diferentes características, que incluyen la cantidad de cada copolímero, el tipo de coloide protector, y la naturaleza del agente antibloqueo. En este sentido, el objetivo del presente trabajo ha sido la caracterización de dos polvos de EVA redispersables, con diferentes proporciones de grupos de acetato de vinilo en su composición, y la evaluación del efecto del uso de estos dos EVA en algunas propiedades de los morteros. Se han empleado la difracción de rayos X (DRX), la espectroscopía infrarroja por la transformada de Fourier (FTIR) y las evaluaciones mecánicas para caracterizar los dos EVA seleccionados. Asimismo, también hemos preparado los morteros con los aditivos (mortero modificado) y el mortero de referencia (sin el polímero) utilizando el cemento pórtland CPII-F32 y una arena cuarzosa. Los aditivos se han incorporado en proporciones del 5%, 10%, y 15% con relación al peso de cemento. La consistencia, retención de agua, arrastre del aire y resistencia a la flexión de los morteros fueron evaluados. Para evaluar el efecto de los EVA en las propiedades de adherencia se han realizado ensayos de arranque. Los resultados de los análisis por DRX y FTIR, y los ensayos mecánicos nos permiten caracterizar y diferenciar ambos productos de EVA. Las características globales de los polímeros son una consecuencia de la composición y tipo de polímero y del tipo de tensioactivo y antiaglomerante. También se pueden predecir algunas propiedades de las películas de EVA en los morteros. La evaluación de los ensayos del mortero indica que el tensioactivo utilizado en el proceso para producir el polímero en polvo afecta de forma importante las propiedades del mortero en el estado fresco. La retención de agua ha sido también una consecuencia de la presencia de las partículas de látex. Los valores de la resistencia a la flexión obtenidos eran una consecuencia de las propiedades mecánicas de las películas de EVA. Estos resultados indican que en la selección del EVA para la modificación del mortero, la evaluación de su composición/propiedades es crucial para las propiedades finales del mortero.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El poli(etileno-co-acetato de vinilo), EVA, es un polímero redispersable en agua, utilizado como modificador de cemento. Los morteros de cemento pórtland modificados con látex a base de EVA son el producto estándar en el mercado para la colocación de baldosas cerámicas. Sin embargo, se comercializan varios látex de EVA con diferentes características, que incluyen la cantidad de cada copolímero, el tipo de coloide protector, y la naturaleza del agente antibloqueo. En este sentido, el objetivo del presente trabajo ha sido la caracterización de dos polvos de EVA redispersables, con diferentes proporciones de grupos de acetato de vinilo en su composición, y la evaluación del efecto del uso de estos dos EVA en algunas propiedades de los morteros.

## **2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

Las características de los dos polvos poliméricos redispersables comerciales seleccionados se presentan en la tabla 1.

Se han empleado la difracción de rayos X (DRX), la espectroscopía infrarroja por la transformada de Fourier (FTIR) y las evaluaciones mecánicas para caracterizar los dos EVA seleccionados. Los análisis por DRX se han realizado en un equipo modelo PW1710, de Philips, que utiliza radiación  $K\alpha Cu$  con  $\lambda=1.5406 \text{ \AA}$ , en el intervalo de  $2\theta$  desde  $3^\circ$  hasta  $90^\circ$ . La espectroscopía FTIR se ha realizado con el accesorio de reflectancia difusa (Perkin-Elmer, Paragon 1000). Las muestras se colocaron en el portamuestras y se han adquirido 32 barridos en una resolución de  $2 \text{ cm}^{-1}$  restando el fondo de KBr ( $4000$  a  $400 \text{ cm}^{-1}$ ). Los análisis de DRX y de FTIR se han llevado a cabo en muestras de EVA en polvo, como recibidas del fabricante. Las propiedades de tracción se han determinado de acuerdo con la norma ASTM D638 en una máquina EMIC DL3000, a una temperatura de  $(23\pm 2)^\circ C$  y humedad relativa de 50%, a una velocidad de la cruceta de  $50 \text{ mm/min}$ . Se han obtenido seis probetas halteras por lote, a través de las películas coladas a partir del látex de EVA después de la redispersión en agua. Para reducir el efecto del coloide protector y de los agentes antibloqueo, se ha medido la resistencia a la tracción también a través de las películas de los dos EVA después de su extracción y disolución en diclorometano.

Tabla 1 – Características de los dos polímeros en polvo redispersables EVA.

EVA		EVA1	EVA2
Temperatura de transición vítrea – Tg ( $^\circ C$ )		-12	16
% en masa de acetato		62%	87%
% en masa de etileno		38%	13%
Temperatura mínima de formación de película (TMFP) de redispersión ( $^\circ C$ )		NF <sup>b</sup>	4
Coloide Protector		Alcohol de poli(vinilo)- PVA	PVA
Tamaño de partícula	Antes de la redispersión	90 $\mu m$ (promedio)	Máximo de 4% > 400 $\mu m$
	Después del redispersión	-	0,5-8 $\mu m$
% de sólidos		99 $\pm$ 1 (99,7)	99 $\pm$ 1 (99,4)
% de ceniza		10 $\pm$ 2 (10)	11 $\pm$ 2 (10,1)
Fabricante		Fabricante 1	Fabricante 2

Para evaluar el efecto de estos EVA en las propiedades de los morteros modificados con estos polímeros, hemos preparado los morteros con los aditivos (mortero modificado) y el mortero de referencia (sin el polímero) utilizando el cemento pórtland CPII-F32 (según la norma brasileña NBR 11578/91) y una arena cuarzosa. Los morteros se mezclaron en una relación de 1:1.7 (cemento:arena) en peso, y una relación de agua/cemento de 0.60. Los aditivos se incorporaron en proporciones de 5%, 10%, y 15% con relación al peso de cemento (relación de polímero/cemento = p/c). Se han realizado ensayos de consistencia, retención de agua, contenido de aire, resistencia a la flexión y al arranque.

Los morteros se han mezclado en un agitador mecánico de baja velocidad según el siguiente procedimiento: (a) mezclado de los materiales secos (cemento, arena y EVA en polvo) durante 2 minutos; (b) vertido de la mezcla seca en el agua durante 0.5 minuto y mezclado durante 1 minuto; (c) interrupción del mezclado mecánico, para remover la mezcla a mano con una espátula durante 1 minuto; (d) mezclado mecánico durante 1 minuto; (e) reposo del mortero durante 15 minutos, tapado por un paño húmedo para evitar la evaporación del agua; y (f) mezclado mecánico durante 15 segundos.

Después del mezclado, los morteros frescos se han ensayado para determinar su consistencia, retención de agua y arrastre del aire. La consistencia se ha medida utilizando el aparato de mesa de flujo según la norma brasileña NBR 13276/2002. La retención de agua (RA) se ha evaluado de acuerdo con la norma NBR 13277/1995 donde se calcula el porcentaje de RA a partir del contenido de agua de la muestra de mortero antes y después de la succión del papel del filtro. El contenido de aire (CA) se ha calculado a partir de las densidades del mortero y de los componentes del mortero, obtenidas al medir el peso del mortero que llenaba un recipiente de PVC con un volumen de 400 ml (NBR 13278/1995). Las densidades individuales del cemento, polímero y arena se han determinado por el desplazamiento en keroseno (de cemento y polímero) o en agua (arena).

La resistencia a la flexión se ha medido según NBR 14992/03 con barras de 300x25x25 mm. Las probetas se han desmoldeado después de 48 horas y, a continuación, se han colocado en una cámara de humedad a una temperatura de  $(23\pm 2)^\circ C$  y una humedad relativa > 90% para los siguientes 26 días, después de los cuales se ha realizado el ensayo de flexión por tres puntos. Para el ensayo de la capacidad de adherencia, se ha aplicado una sola capa de mortero, de 6 mm de grosor, en el dorso de la baldosa de gres porcelánico, seguido de la aplicación de una carga de  $0.03 \text{ kgf/cm}^2$  durante 45 segundos para promover la extensión del mortero por la superficie de la baldosa. Las muestras se han almacenado en las condiciones de la cámara de humedad durante 28 días antes de la evaluación de la capacidad de adherencia entre los morteros y las baldosas, determinada con el método de arranque, adaptando las recomendaciones de la norma NBR

14084/98. Se han cortado ocho secciones cuadradas de la capa de mortero para cada mortero y las placas de acero se han pegado al mortero con un adhesivo epoxi para la aplicación de la carga para la medida de la capacidad de adherencia.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Caracterización del EVA

En la figura 1 se pueden observar las típicas curvas de DRX obtenidas de los dos EVA bajo estudio. Las curvas de DRX presentan el dibujo característico de los materiales amorfos con algunos picos cristalinos asociados a los materiales inorgánicos (carbonato cálcico y cuarzo para EVA1 y caolinita para EVA2). Estas partes inorgánicas, conocidas como agentes antiaglomerantes o de bloqueo, son aditivos incorporados a las formulaciones en polvo redispersables para prevenir la adherencia entre las partículas del polímero durante su fabricación, transporte y almacenaje.

Se esperaba la característica amorfa de estos polímeros, teniendo en cuenta la proporción de acetato de vinilo (VAc) en los polímeros de EVA. El poli(etileno) es un polímero semicristalino y la introducción de los grupos de VA reduce su grado de cristalinidad debido a la distorsión de la celda de unidad a causa de las mayores dimensiones del grupo lateral acetoxi. Cuanto mayor es el contenido de los grupos laterales de VA, menor es el grado de cristalinidad del copolímero y éste llega a ser totalmente amorfo cuando el contenido de VA supera el 50% en peso. Como se esperaba, en el EVA amorfo, los picos bien definidos son sustituidos por uno o dos halos más amplios centrados cerca de los picos principales.

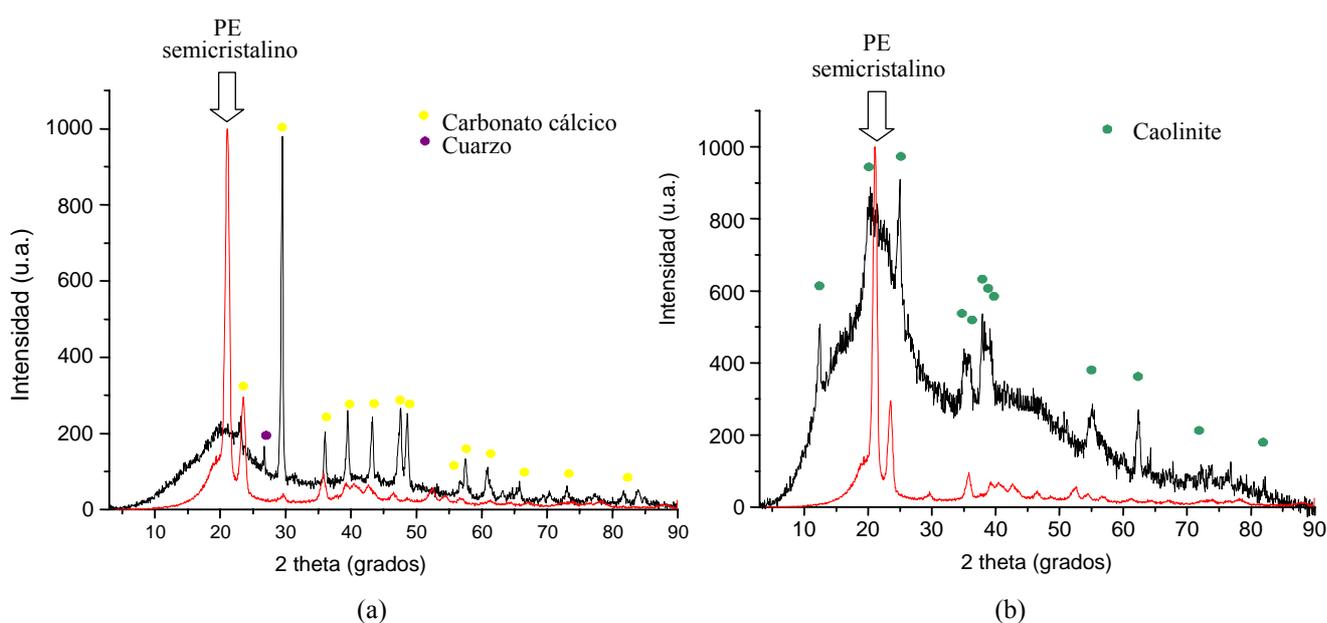


Figura 1 – Curvas de DRX a partir de (a) EVA1 y (b) EVA2.

Los espectros de FTIR han presentado, como se esperaba, unos picos específicos relacionados con el PE y PVAc (figura 2 y tabla 2). También se han verificado las vibraciones asociadas a la fracción inorgánica (cuarzo, calcita y caolinita). La espectroscopía infrarroja se utiliza para determinar la incorporación del acetato de vinilo en los copolímeros de EVA utilizando la relación entre la banda característica del grupo acetoxi y las secuencias de etileno. Entre las diferentes relaciones de absorción propuestas en la bibliografía, se ha escogido la relación de las intensidades  $I_{610}/I_{2680}$  ( $C=O/CH_2$ ) para evaluar la proporción de acetato en el copolímero. Sobre la base de los espectros, esta relación se ha calculado como  $(2.8 \pm 0.1)$  y  $(3.3 \pm 0.0)$  para las muestras EVA1 y EVA2, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los datos de la tabla 1 que indican una proporción superior del acetato para la muestra EVA2.

Las curvas de tensión en función del alargamiento para las películas de EVA se presentan en la figura 3. A partir de las curvas, se observa que las probetas EVA1 presentan una resistencia a la tracción y un alargamiento en la rotura más bajos en comparación con los valores de las muestras EVA2. Las propiedades mecánicas de las películas de látex son una consecuencia de los agentes antiaglomerantes, tensioactivos y resina EVA, siendo muy difícil la identificación de la

influencia de cada uno de los componentes a los valores medidos. Para las películas de EVA obtenidas después de su extracción y solubilización en el diclorometano (DCM), se ha observado una disminución de la resistencia a la tracción y un aumento del alargamiento en la rotura para ambos polímeros con respecto a las propiedades de las películas de látex.

### 3.2. Caracterización del mortero

Los resultados de los ensayos de consistencia realizados en el mortero de referencia y los morteros modificados con p/c del 5%, 10% y 15% de látex se representan en la figura 4 para los dos tipos de EVA bajo estudio.

EVA1 ha presentado un aumento de la consistencia (mayor docilidad) para la relación de p/c de 5%, seguido de una disminución para proporciones superiores del polímero, alcanzando un valor similar al obtenido para el mortero de referencia para un p/c igual a 15%. Por otra parte, la adición de EVA2 reducía la consistencia del mortero a medida que se aumentaba el contenido de EVA. Generalmente, el mortero modificado con látex proporciona una docilidad mejorada con respecto al mortero de cemento ordinario, lo cual no se ha verificado para los polímeros bajo estudio. Este aumento de la docilidad de los morteros con la adición del látex se debe principalmente al “efecto rodamiento” de las partículas del polímero, al aire arrastrado y a los efectos de dispersión de los tensioactivos.

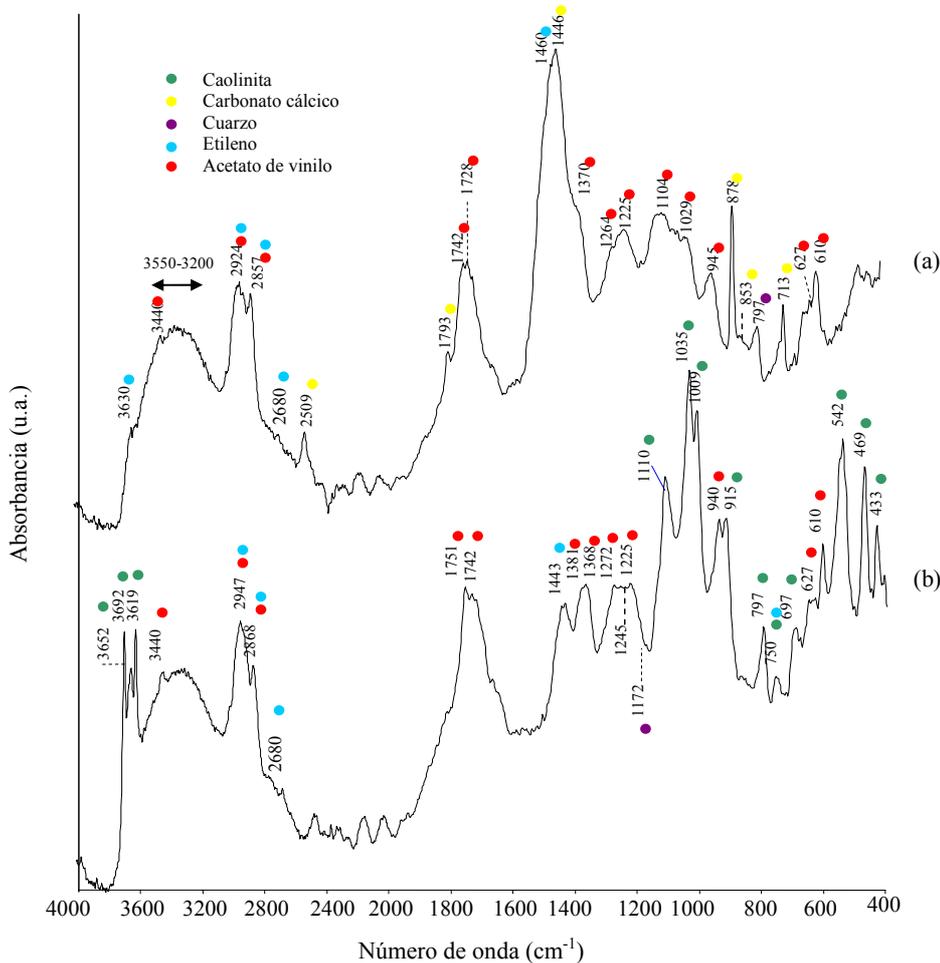
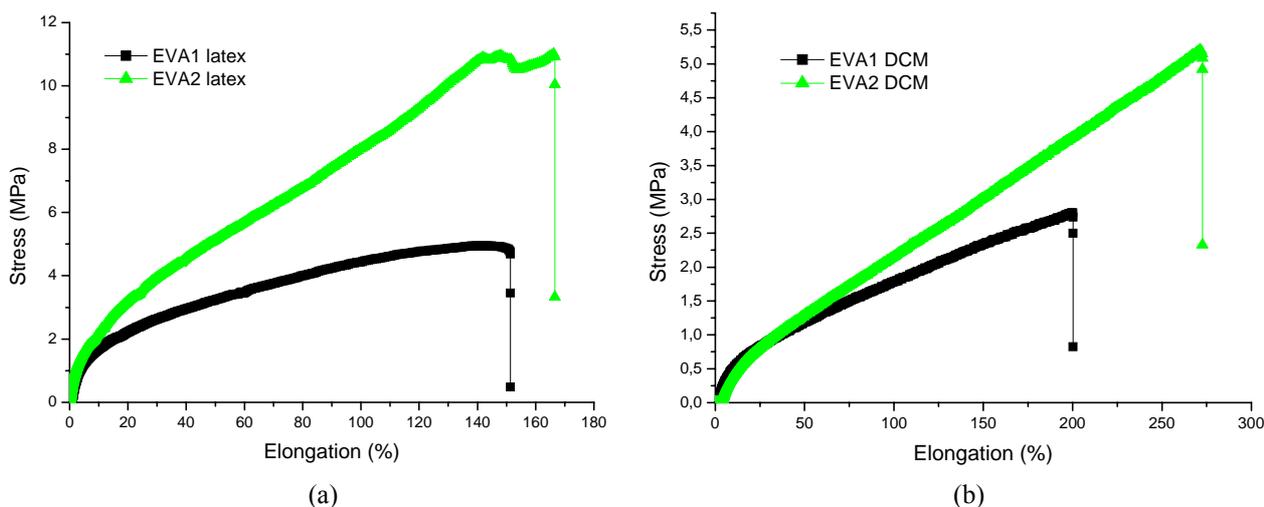


Figura 2 – Espectros de FTIR obtenidos a partir de (a) EVA1 y (b) EVA2.

Tabla 2 – Bandas de absorción de los copolímeros de EVA.

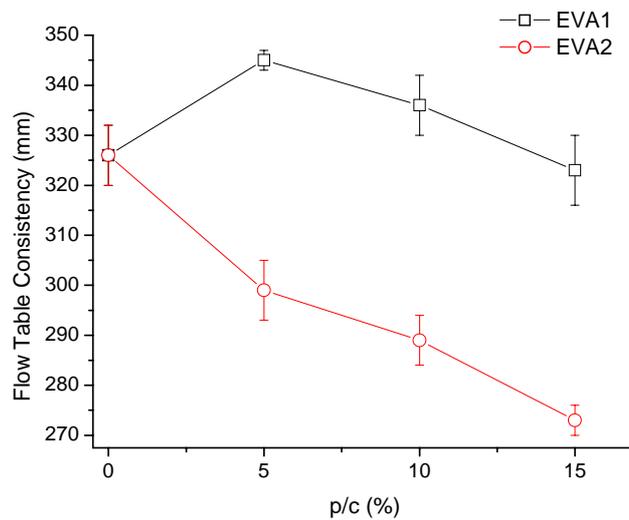
Numero de onda (cm <sup>-1</sup> )	Grupo Funcional	Numero de onda (cm <sup>-1</sup> )	Grupo Funcional
3630-3620	CH <sub>2</sub> (etileno)	1275-1200	C-O
3460-3350	C=O	1105-1100	C-O
3550-3200	OH	1030-1020	C-O, CH <sub>3</sub>
2900-2850	C-H	950-940	C-C
2680	CH <sub>2</sub> (etileno)	750-720	CH <sub>2</sub> (etileno)
1742 (partido)	C=O	635-625	O-C-O
1730-1725	C=O	610-600	C=O
1470-1440	CH <sub>2</sub> (etileno), CH <sub>3</sub>	540-530	C=O
1370-1380	CH <sub>3</sub>	-	-

En la bibliografía, para los morteros modificados con EVA, se ha observado un ligero aumento de las consistencias o las consistencias se mantenían prácticamente constantes. Esto puede explicarse por el hecho que la consistencia medida es la expresión del efecto, en su conjunto, de la relación agua/cemento, de la naturaleza del tensioactivo utilizado para la atomización y la redispersión, y de la proporción y peso molecular de este agente tensioactivo. En varios casos, la docilidad mejorada de los morteros modificados es una consecuencia de los tensioactivos aniónicos que promueven la desfloculación de los granos de cemento, liberando el agua atrapada en la estructura floculada de la pasta de cemento. Por otra parte, los estabilizadores que dan lugar al aumento de la viscosidad de la pasta de cemento, según lo verificado para el PVA en función del peso molecular y de la proporción de PVA en el polvo de EVA, podrían reducir la consistencia del mortero.



Texto figura:  
 Tensión (MPa)  
 Alargamiento (%)

Figura 3 – Curvas de tensión x alargamiento para (a) Películas de látex con EVA y (b) EVA después de la solubilización en diclorometano.



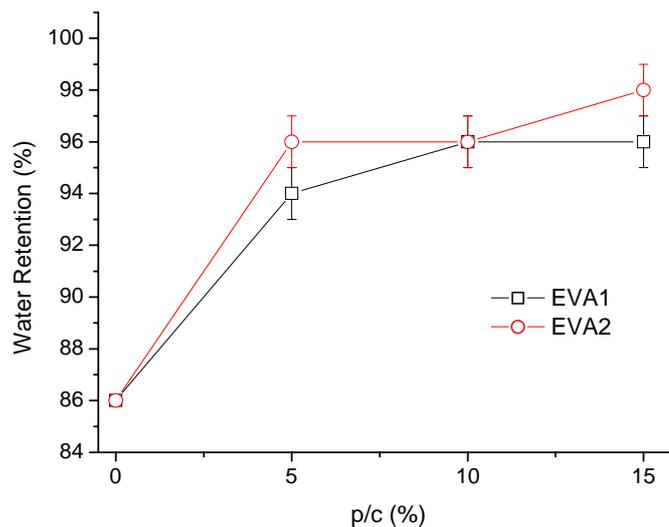
Texto figura:  
Consistencia de la mesa de flujo (mm)

Figure 4 – Valores de consistencia de la mesa de flujo para los copolímeros de EVA bajo evaluación (n=2; barra de error = desviación típica).

Según la tabla 1, los dos EVA seleccionados para este estudio se han fabricado con PVA para la estabilización de las partículas de látex. Las diferencias observadas en los valores de consistencia para los morteros modificados con los dos polímeros se han podido relacionar con la cantidad variable de PVA en ambos polímeros. En la bibliografía, algunos autores han señalado que los látex utilizados en la modificación del mortero están fabricados generalmente de forma comercial con la presencia de hasta un 5% de tensioactivos. Otros autores, sin embargo, han señalado la presencia de un 15% en peso de PVA en el polvo EVA2. En este sentido, cabía esperara una diferente proporción de PVA para el EVA1 y el EVA2, donde el primero presentaba una alta proporción de PVA como estabilizador. Por otra parte, cabe destacar que durante la preparación y la manipulación del mortero, se evidenció la proporción superior de PVA en el polímero EVA2.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se cree que para el mortero modificado con el EVA1 con p/c = 5%, “el efecto rodamiento” es más eficaz que el efecto de la viscosidad de la fase líquida. Sin embargo, para cantidades superiores de polímero (p/c = 10% y 15%) el efecto de la viscosidad del PVA es determinante en el valor medido de la consistencia. Para el EVA2, en todas las concentraciones, la viscosidad define la consistencia del sistema.

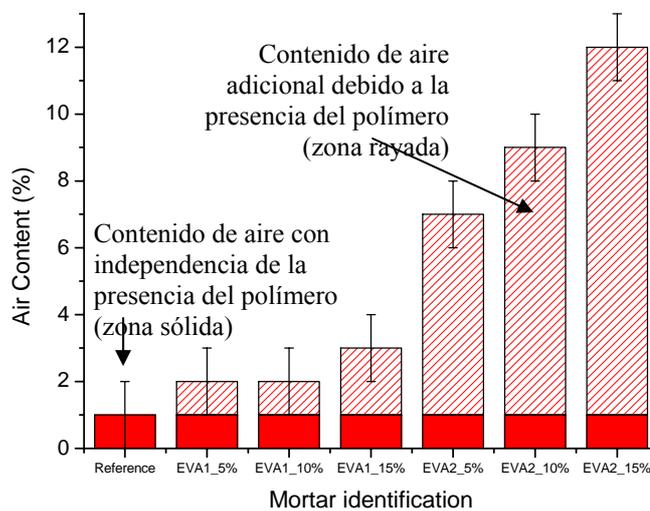
En la figura 5 se aprecia la relación entre la razón polímero/cemento y la retención de agua del mortero modificado con el polímero en el estado fresco. La incorporación de los dos polímeros ha aumentado la retención de agua de los morteros comparados con el de referencia. Según la bibliografía, los morteros modificados con látex presentan una retención de agua mejorada comparada con la del mortero de cemento ordinario. Esto se justifica por la viscosidad de la fase líquida, las propiedades coloidales hidrófilas de los látex poliméricos y la evaporación inhibida del agua debido a los efectos de llenado y sellado de las películas poliméricas impermeables formadas.



Texto figura:  
Retención de agua

Figura 5 – Resultados de la retención de agua para los morteros modificados con EVA (n=2; barra de error = desviación típica).

En la figura 6 se representa el contenido de aire de los diferentes morteros. Como era de esperar, según la bibliografía, se arrastra una gran cantidad de aire en comparación con el mortero de cemento ordinario debido a la acción de los tensioactivos que mejoran la estabilidad de los huecos de aire. Es notable la diferencia entre el contenido de aire en el mortero modificado con EVA1 y en aquel con EVA2. Los valores obtenidos concuerdan con las consideraciones anteriores sobre el contenido más alto del estabilizador de PVA en el EVA2 comparado con el EVA1.



Texto figura:  
Contenido de aire  
Identificación del mortero

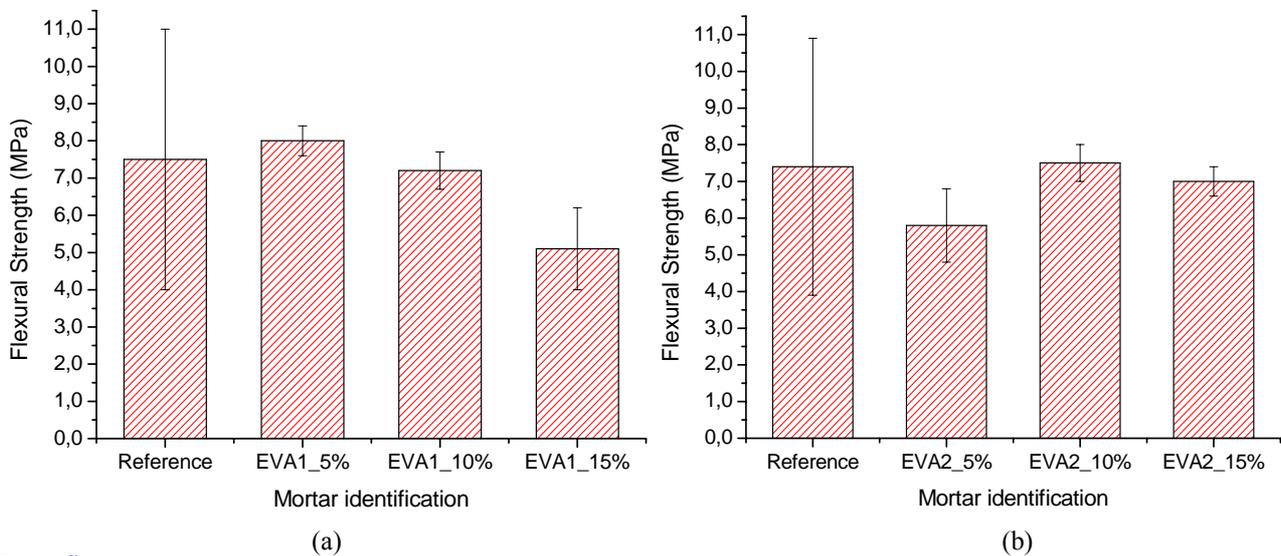
Referencia

Figura 6 – Contenido de aire de los morteros sin látex (referencia) y con látex.

En la figura 7 se representa la influencia de la relación de p/c y del tipo de polímero de EVA en la resistencia a la flexión del mortero modificado. En los morteros modificados con EVA1 (figura 7a) se aprecia una disminución

continúa de la resistencia a la flexión con el aumento de la relación de polímero/cemento para una relación constante de agua/cemento. Por otra parte, se observa en la figura 7b que la relación de p/c no parece influir en la resistencia a la flexión del mortero modificado con EVA2. Cabe destacar que la resistencia reducida del mortero con EVA2 y p/c = 5% parece estar asociada a la densidad de los defectos en la superficie de las probetas verificadas solamente en estas muestras (figura 8).

Según la bibliografía, el efecto de la adición del polímero en la resistencia a la flexión depende de varios factores que tienden a interaccionar entre sí. Los principales factores son la naturaleza del látex polimérico, la relación polímero/cemento, la relación agua/cemento, contenido de aire y métodos de curado, entre otros. OHAMA (1998), SCHULZE (1999) y AFRIDI *et al.* (1994) señalan que la resistencia a la flexión aumenta con la modificación de la resina polimérica con una emulsión o polvo redispersable. El polímero se concentra en el sistema de poros del mortero endurecido y actúa como refuerzo. Esto se atribuye al hecho que la resistencia a la tracción del material polimérico es del orden de 7-10 MPa, mientras que el cemento mismo posee una resistencia a la tracción solamente del orden de 1 MPa. Para los morteros modificados con EVA algunos autores han descrito un ligero aumento de la resistencia a la flexión para una concentración más baja del polímero. Por un contenido más alto del polímero, las resistencias se mantienen al mismo nivel o se reducen. En general, esta pérdida de las propiedades mecánicas se asocia al contenido de aire del mortero, la formación no continua de la película, el desfase de las reacciones de hidratación y el mecanismo de formación de compuestos.



Texto figura:  
Resistencia a la flexión  
Identificación del mortero

Referencia

Figure 7 – Resistencia a la flexión para los morteros modificados con (a) EVA1 y (b) EVA2.

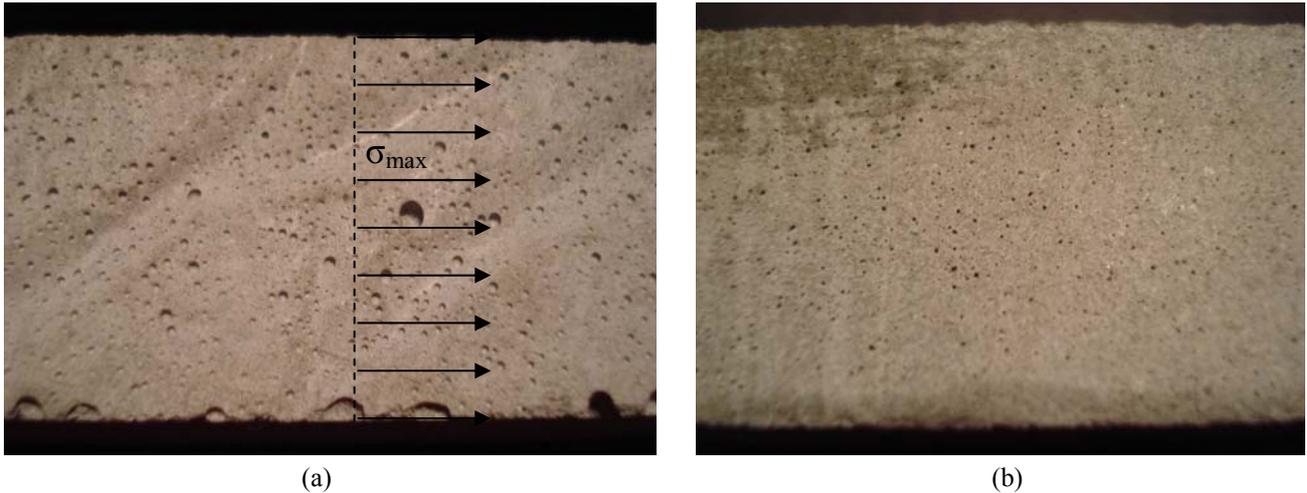


Figura 8 – Imagen superficial de EVA2\_p/c = 5% (a) e imagen típica para el todo el resto de las probetas de superficie de las muestras (b).

Los resultados de la resistencia a la flexión obtenidos en este trabajo pueden justificarse considerando el volumen de polímero en el mortero endurecido y la resistencia de los látex poliméricos EVA1 y EVA2 (figura 9). En la determinación de la fracción volumétrica de cada componente del mortero se ha considerado que el 70% del cemento estaba hidratado, que no había ninguna pérdida de agua del mortero, ni retracción de secado. Se ha calculado la fracción volumétrica de cada componente como un porcentaje según la metodología propuesta por NEVILLE (1982).

Según se desprende del gráfico de la figura 9, al aumentar el nivel de polímero, se incrementa la concentración del polímero en volumen, y la resistencia de la matriz híbrida en su conjunto será una consecuencia de la aportación de cada fase, orgánica e inorgánica. La resistencia del mortero de referencia es aproximadamente 7 MPa y este valor cambia (EVA1) o queda sin cambiar (EVA2) cuando se incorpora el polímero (figura 7). La explicación para la tendencia observada para cada látex puede evaluarse a través de la resistencia a la tracción de las películas de EVA determinadas anteriormente en la figura 3. La resistencia del EVA1 y del EVA2 son aproximadamente 4 MPa y 8 MPa, respectivamente. Así, al incrementar la relación de polímero/cemento, aumenta la aportación del polímero a la resistencia final. Ya que el EVA1 presenta una resistencia más baja que la matriz inorgánica, un aumento de su contenido conduce a una resistencia más baja, mientras que para el EVA2, debido a su resistencia similar al mortero de referencia, se espera el mismo nivel de resistencia, como se ha podido observar.

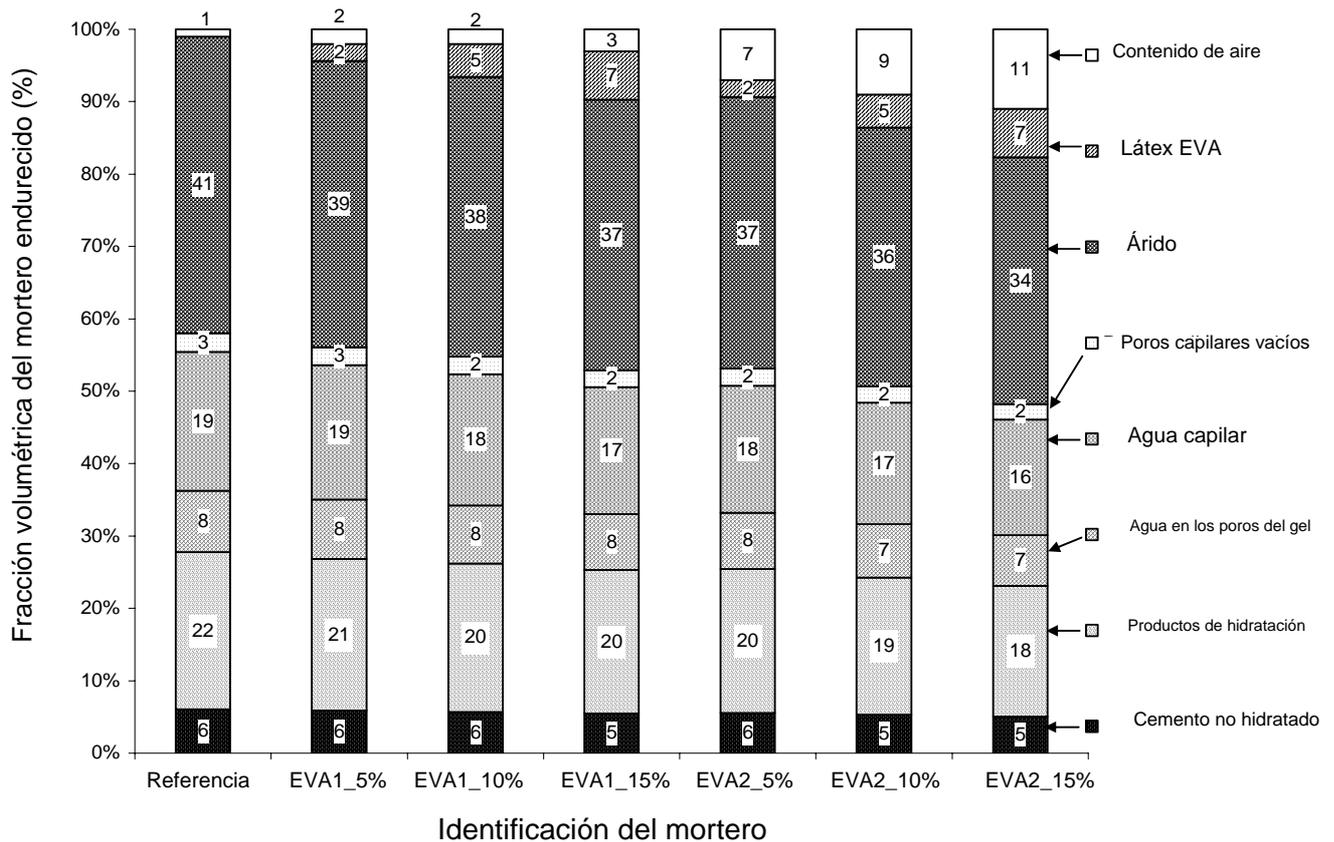


Figura 9 – Fracción del porcentaje de mortero endurecido ocupado para cada uno de los componentes considerando el contenido de aire.

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados del análisis por DRX y FTIR y de los ensayos mecánicos nos permiten caracterizar y diferenciar los dos productos de EVA estudiados. Las características globales de los polímeros son una consecuencia de la composición del polímero y del tipo y naturaleza del tensioactivo y del agente antiaglomerante. Asimismo, se pueden predecir algunas propiedades de las películas de EVA en los morteros. La evaluación de los ensayos del mortero indica que el tensioactivo utilizado en el proceso para obtener el polímero en polvo afecta en gran medida las propiedades del mortero en el estado fresco. La retención de agua es también una consecuencia de la presencia de las partículas de látex. Los valores medidos de la resistencia a la flexión son el resultado de las propiedades mecánicas de las películas de EVA.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

1. Y. Ohama *Cement and Concrete Composites* 1998, 20, 189.
2. J. Schulze; O. Killermann *Cement and Concrete Research* 2001, 31, 357.
3. D. A. Silva; H. R. Roman en Actas del IV SBTA, Brasíla, 2001, Vol. 1, 15.
4. P. Pakusch et al *Adhesives & Sealants Industry*, 2004
5. L. H. Sperling, *Introduction to Physical Polymer Science*, Wiley & Sons, New York, 1992.
6. J.E. Isenburg; J.W. Vanderhoff *Journal of American Ceramic Society* 1974, 57, 242.
7. L. Bureau et al *Materials Science and Engineering A* 2001, 308, 233.
8. K.R. Wu; D. Zhang; J.M. Song *Cement and Concrete Research* 2002, 32, 425.
9. D.A. Silva; H.R. Roman; A.H. Silva en Actas del III SBTA, Vitória, 1999, Vol. 1, 425.
10. M.U.K Afridi et al *Cement and Concrete Research* 2003, 33, 1715.
11. J.M. GAO *Cement and Concrete Research* 2002, 32, 41.

12. J. Rottstegge et al *Cement and Concrete Research* 2005, 35, 2233.
13. W. Jingang et al *Cement and Concrete Research* 2005, 27, 920.
14. M.U.K Afridi et al *Cement & Concrete Composites* 1995, 17, 113.
15. D.J. Cestari; P. Paulon en Actas III SBTA, Vitória, 1999, Vol. 1, 231.
16. J.A. Rossignolo; M.V.C. Agnesini en Actas III SBTA, 1999, Vitória, Vol. 1, 267.
17. Y.V. Póvoas et al en Actas III SBTA, 1999, Vitória, Vol. 1, 405.
18. A.A.P. Mansur et al en Actas del VII SBTA, 2007, Recife, Vol. 1.
19. S. Chandra; P. Flodin *Cement and Concrete Research* 1987, 17, 975.
20. J.H. Kim; R.E. Robertson *Cement and Concrete Research* 1997, 27, 171.
21. M.U.K. Afridi et al *Cement and Concrete Research* 1994, 24, 1199.
22. E.H.P. Godoy; M.M.S.B. Barros en Actas III SBTA, 1999, Vitória, Vol. 1, 249.
23. J.A.C. Oliveira; E. Bauer en Actas del III SBTA, 1999, Vitória, Vol. 1, 281.
24. H. Bucher; E. Nakakura en Actas del III SBTA, 1999, Vitória, Vol. 1, 417.
25. A. Beeldens et al en 4th Symposium on Polymers in Concrete, 2003, Korea.
26. A.M. Neville, *Propriedades do Concreto*, Pini, São Paulo, 1982.
27. A. A. P. Mansur, Tesis doctoral, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.
28. L. H. Sperling, *Introduction to Physical Polymer Science*, Wiley & Sons, New York, 1992.
29. Z. Sue et al, *Polymer* 2004, 45, 3693.
30. C. Fonseca; J. G. Fatou; J. M. Perena *Die Ang. Makr. Chem.* 1991, 190, 137.
31. Shimadzu do Brasil. *Quantification of vinyl acetate in EVA*, Technical Bulletin 2.24, 2004.
32. KSE – Kuraray Specialities Europe. *Mowiol Polyvinyl Alcohol*, Technical Bulletin, Alemanha, 2003.
33. D. A. Silva; J. Oliveira en las Actas de Qualicer 2006, Castellón, 2006, Vol.3, P.BB-85.

## RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero recibido de CNPq. Asimismo, también agradecen a Precon Industrial S.A. las muestras de polímeros amablemente donadas.