

# Morteros epóxicos\*

Carlos Alberto Echeverry Arciniegas\*\*  
Uriel Alfredo Bohórquez Suárez\*\*

## RESUMEN

*Este artículo contiene parte de la información obtenida de la realización del trabajo de grado "MORTEROS EPOXICOS", bajo la dirección del Ingeniero Alejandro Sandino Pardo, q.e.p.d. En él se ve la necesidad de encontrar un mortero epóxico cuya granulometría y dosis (resina:arena) cumplieran las mejores condiciones en cuanto a manejabilidad, resistencia, química y mecánica, lo mismo que un bajo costo con el fin de ser utilizado en la elaboración de juntas y pisos antiderrames propios de las industrias de cervecerías, lácteos, carnes, licorerías y en general todas aquellas industrias que trabajen con sustancias agresivas que puedan deteriorar fácilmente un piso de concreto de cemento. Para lograr los objetivos antes mencionados fue necesario recopilar información acerca de los ingredientes de un mortero epóxico como son la resina y la arena; luego se efectuaron una serie de ensayos de laboratorio tales como: Granulometría, lavado sobre tamiz 0,075 mm., densidad y absorción, masa unitaria apisonada, manejabilidad, determinación del módulo elástico, resistencia a la compresión, tensión indirecta y ataque químico de los cuales se concluyó que el mortero epóxico preparado con la arena de distribución granulométrica Fuller con tamaño máximo del agregado de 2,4 mm. y la proporción en volumen 1:3 (resina:arena) es el más eficiente.*

\* Presentado en el Congreso Junior de la Universidad de los Andes. Sep/88.

\*\* Egresados de la Facultad de Ingeniería Civil, U.M.N.G.

## Morteros epóxicos

El trabajo de investigación que motivó este artículo, busca brindar información referente a la obtención de un mortero epóxico que presente la combinación de ingredientes (resina:arena) más económica y práctica para que la mezcla sea manejable en su estado plástico y desarrolle además la resistencia mecánica y química necesaria en la elaboración de juntas y pisos antiácidos, propios de las industrias que utilicen sustancias agresivas; razón por la cual fue indispensable tener en cuenta los factores que influyen en la calidad de un mortero epóxico tales como el tipo de resina, el tamaño y granulometría de los agregados y la cantidad de resina.

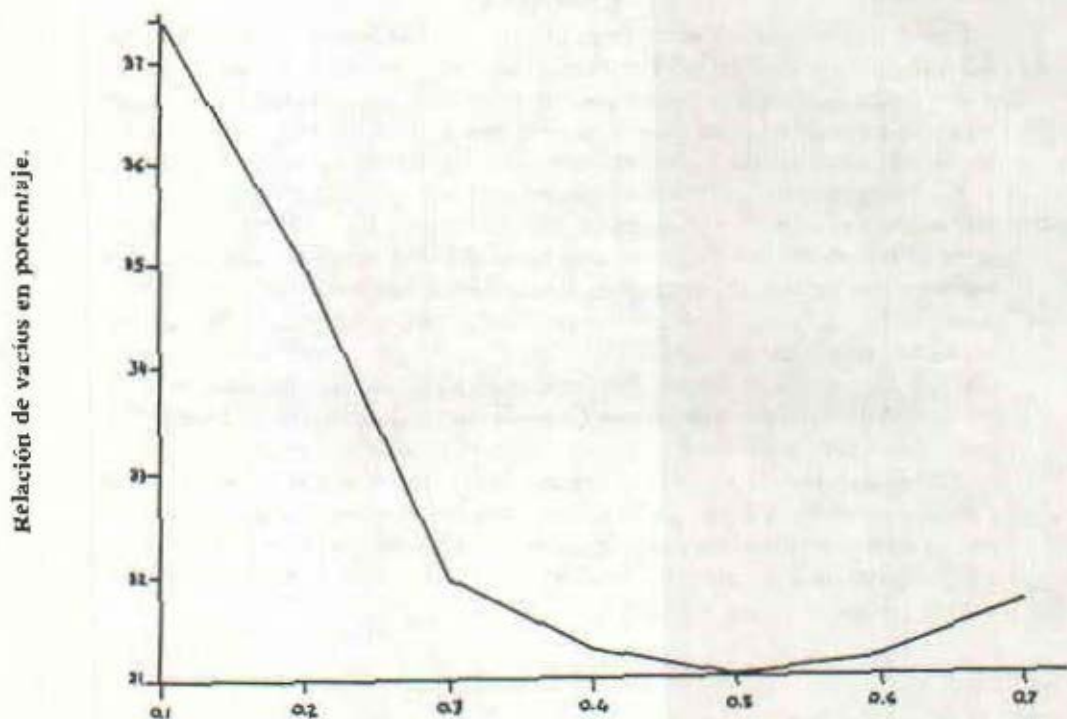
En cuanto al tipo de resina, se utilizó en esta investigación el sistema epóxico Sikaguard 63 transparente (de dos componentes: la resina y el endurecedor o catalizador, que se combinan en la proporción 1,6:1 (resina: endurecedor), en peso.

Con respecto al tamaño máximo de los agregados, se consideró éste con el valor de 2,4 mm., pensando en la aplicación práctica de los morteros epóxicos. Las granulometrías seleccionadas son la ASTM-fina y ASTM-gruesa, (norma ASTM C-33), Europea dada por la expresión  $P = 10/9 ((100 (d/D))^{0.3} - 10)$  y la distribución granulométrica según la ecuación  $P = 100 (d/D)^n$ , donde:

P — Porcentaje que pasa a través del tamiz de abertura d

D — Tamaño máximo de los agregados, en este caso D = 2,4mm

n — Exponente, se propuso 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6 y 0,7, de la cual se escogió la correspondiente a  $n = 0,5$ , conocida como granulometría FULLER, ya que ésta presenta la menor relación de vacíos, necesaria para lograr una mayor masa unitaria y por consiguiente un menor consumo de resina (ver gráfica 1); las cuatro granulometrías con las cuales se continuó la investigación se pueden observar en la gráfica 2.



Gráfica 1. Relación de vacíos-valores den, para la ecuación  $p = 100 (d/2,4)^{0.5}$ .

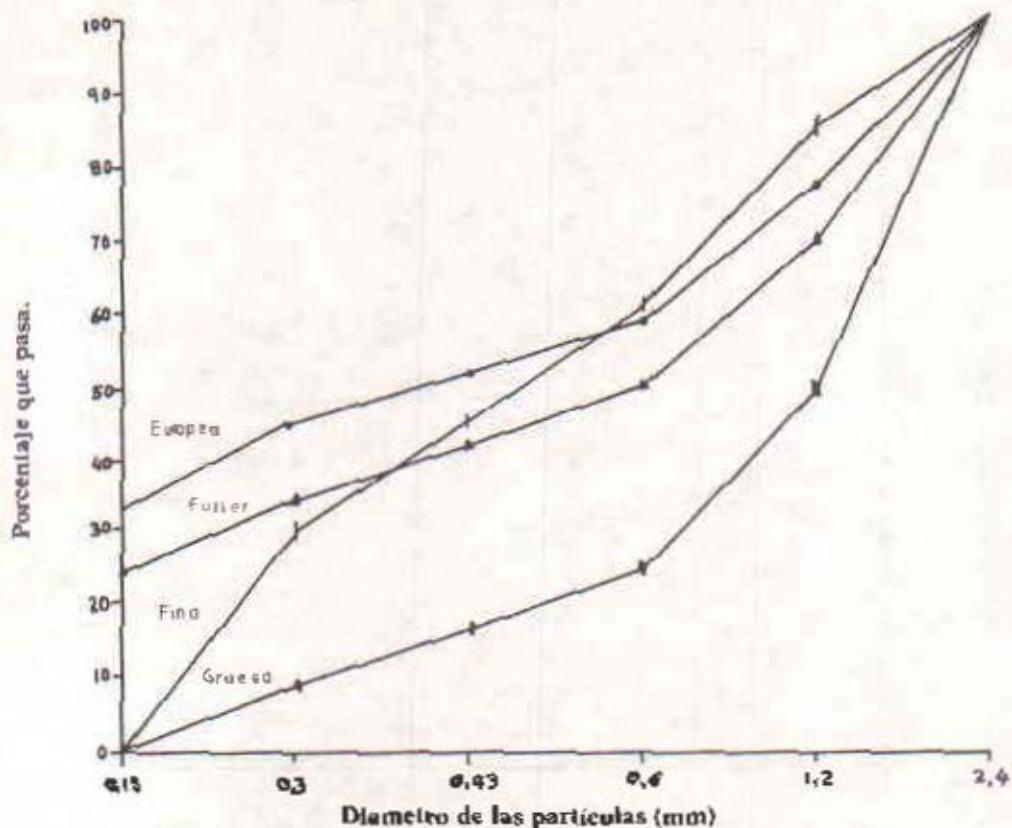


Gráfico 2. Porcentaje que pasa-Diámetro de las partículas.

Teniendo definidas las granulometrías y el tipo de resina se siguió la investigación en dos etapas; en la primera se seleccionó la granulometría óptima y en la segunda, la dosis más adecuada de resina y arena.

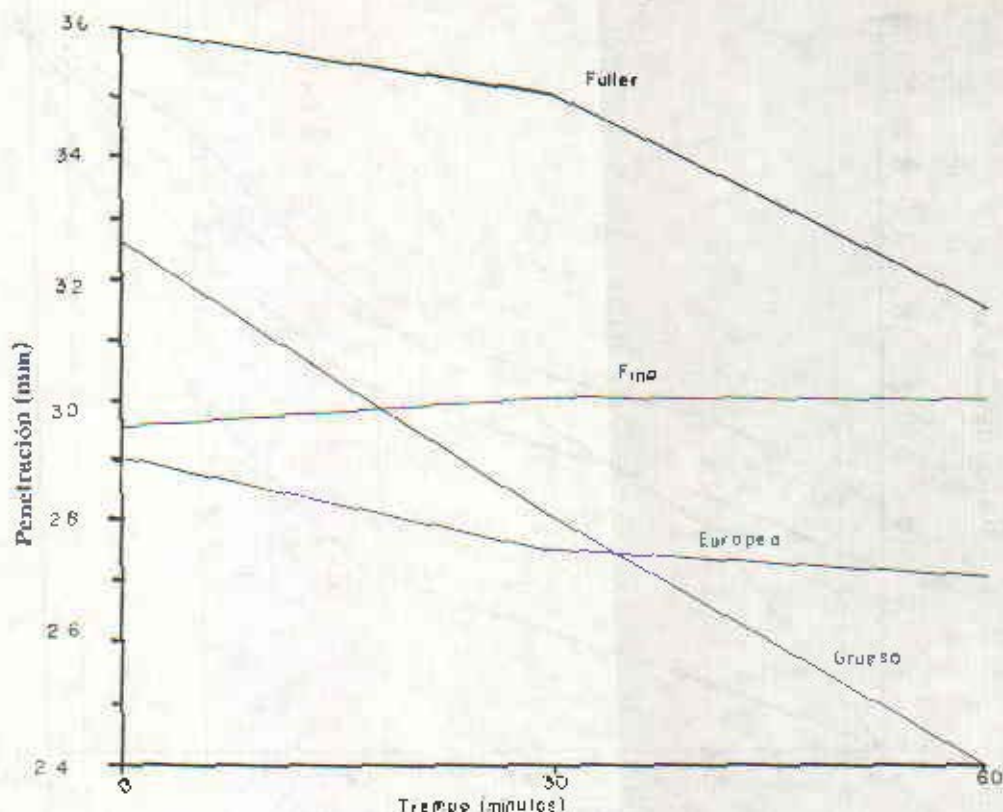
### Selección de la granulometría óptima

Para seleccionar la granulometría óptima se realizaron ensayos de manejabilidad, resistencia a la compresión y determinación del módulo elástico.

Al no existir normas para evaluar la manejabilidad de un mortero epóxico, se propuso utilizar un cono, el cual penetraba a través de una muestra en estado plástico durante un determinado tiempo; admitiéndose que aquella muestra en la que se presente la mayor penetración es la más manejable. La gráfica 3, muestra

uno de los resultados de este ensayo, en la cual se puede apreciar que la granulometría Fuller ofrece la mejor manejabilidad.

Para el ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de mortero epóxico se elaboraron mezclas con las cuatro granulometrías y las proporciones en volumen resina:arena (1:2 y 1:3), a las que previamente se les evaluó la manejabilidad, luego se fundieron dos probetas, ya que el resultado promedio de éstas es representativo y no se justifica más por cuanto el costo de la resina es alto. Con relación a las dimensiones de los moldes, se usaron camisas cilíndricas de 5 cms., de altura como en el hormigón, debido a la gran cantidad de resina que éstos requerirían, causando un sobrecosto innecesario; además el tamaño máximo de los agregados es de 2,4 mm., lo cual justifica el uso de cilindros de menores di-



Gráfica 3. Penetración - Tiempo, medición durante 15 seg de penetración. Dosis (1:3).

mensiones, pero conservando la misma relación de esbeltez; las probetas se fallaron a las edades de uno, tres, siete, diez y catorce días, pues se considera que a los catorce días los morteros epóxicos han desarrollado prácticamente su resistencia máxima. La gráfica 4, representa la resistencia a la compresión a diferentes edades para las mezclas elaboradas con las diferentes granulometrías y la proporción en volumen resina:arena (1:3), en la cual se puede apreciar la gran resistencia alcanzada por esta clase de morteros en tan corto tiempo ya que a un día de edad la resistencia es del orden de 200 Kg/cm<sup>2</sup> y a tres días es alrededor de 450 Kg/cm<sup>2</sup>. Si bien es cierto que la resistencia de todas las cuatro mezclas es alta, la correspondiente a la Fuller es la mayor.

En el ensayo para determinar el módulo elástico de morteros epóxicos se emplearon camisas cilíndricas de 7,5 cm de diámetro y 15 cm, de altura, además se

siguió un método similar al utilizado en hormigón para tal fin. En la tabla 1, se presentan los resultados de este ensayo.

TABLA 1. Resultados de la determinación del módulo elástico en Kg/cm<sup>2</sup>.

Granulometría	Dosis en volumen	
	1:2	1:3
ASTM-fina	87.754	110.243
Europea 2,4 mm	102.915	119.240
ASTM-gruesa	111.260	127.506
Fuller 2,4 mm	112.838	131.970

En esta tabla, se puede observar que el mortero preparado con la granulometría Fuller presenta el mayor módulo elástico, tanto para la dosis 1:2 como para la 1:3; además es importante mencionar que la granulometría influye en la determinación del módulo elástico. Como se puede

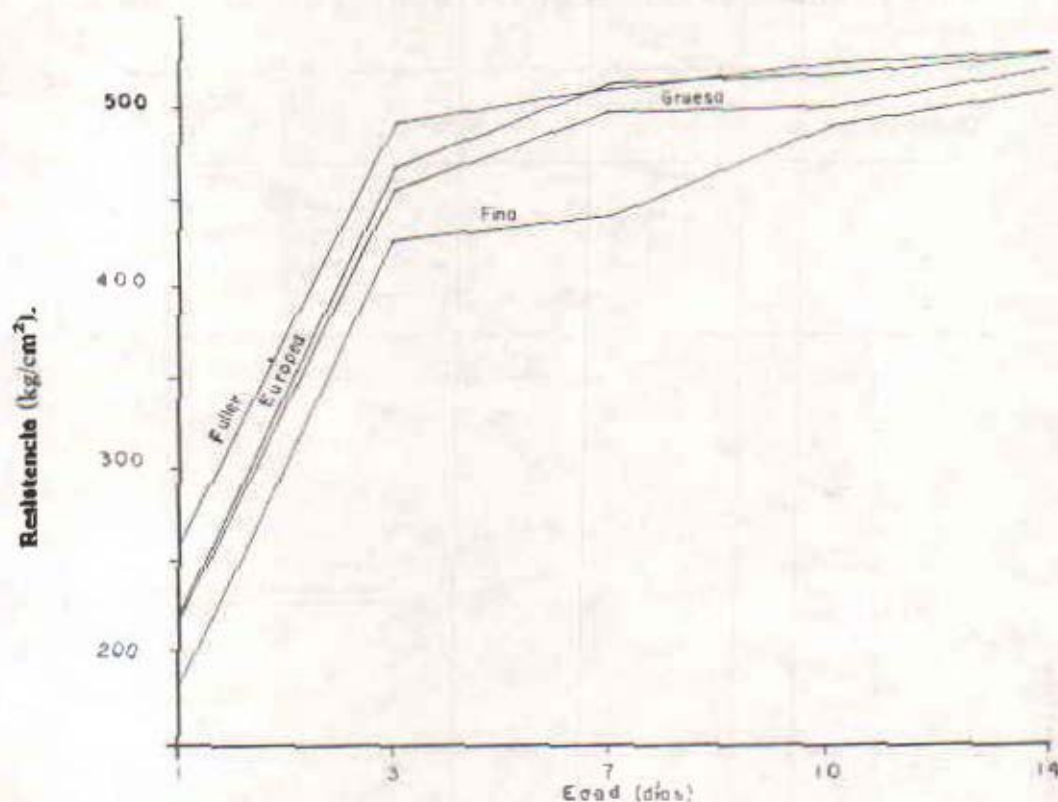


Gráfico 4. Resistencia a la compresión - Edad. Dosis (1:3)

apreciar en cada uno de estos ensayos, la granulometría Fuller cuya distribución se expresa en los términos de  $P = 100 (d/D)^{0.5}$  y para  $D = 2.4$  mm, es la que ofrece las mejores condiciones para ser utilizada en morteros epóxicos, razón por la cual se seleccionó como la óptima para continuar con la investigación.

#### Selección de la dosis óptima (resina:arena)

En esta etapa se elaboraron mezclas con la granulometría Fuller y las dosis en volumen 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 y se ejecutaron los ensayos de manejabilidad, resistencia a la compresión, tensión indirecta, determinación del módulo elástico y resistencia al ataque químico.

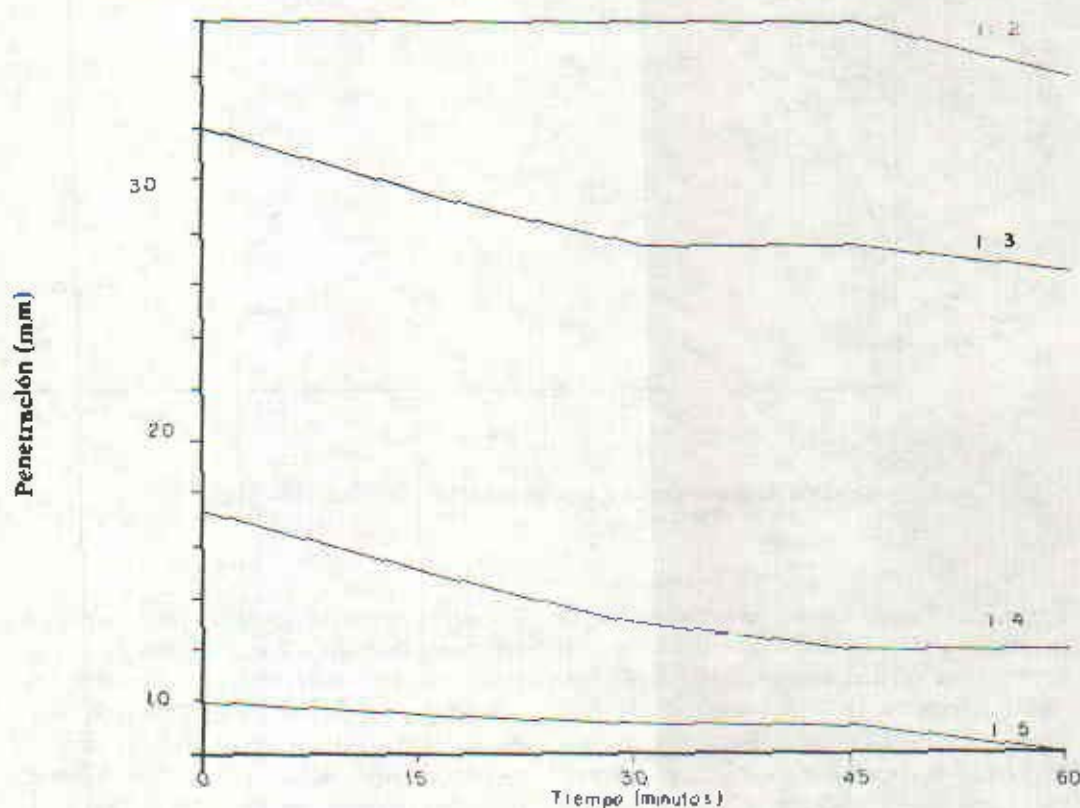
En la gráfica 5, se muestra el comportamiento para cada una de las dosis, en

la cual se observa que en la mezcla preparada con la dosis 1:2 se presenta la mayor penetración; pero ésta tiene varias desventajas de consideración, una de ellas es la de ser demasiado fluida, dificultando su aplicación en juntas; además presenta una *contracción del 2%* y resulta ser muy costosa. Por lo tanto la 1:3 es más conveniente puesto que la curva está muy próxima a la 1:2 y no tiene las desventajas de ésta última.

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión obtenidos en esta etapa se presentan en la tabla 2, en la cual se puede ver que la resistencia de la 1:2 supera la de la 1:3 sólo en un 4%, pero desde el punto de vista de la manejabilidad, la dosis 1:2 no es conveniente, por tanto la dosis 1:3 sigue siendo la más recomendable.

**TABLA 2. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>.**

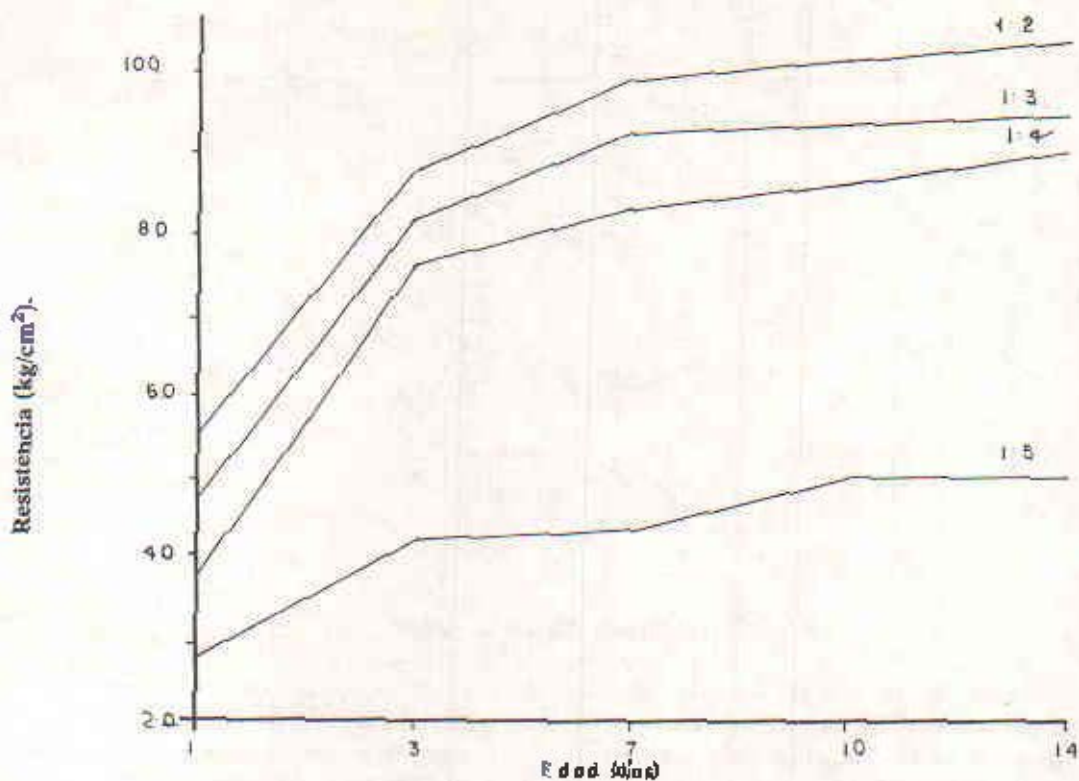
Dosis en volumen	Edad (días)				
	1	3	7	10	14
1:2	182	475	482	501	551
1:3	175	413	479	500	529
1:4	145	244	272	353	359
1:5	113	191	206	213	235



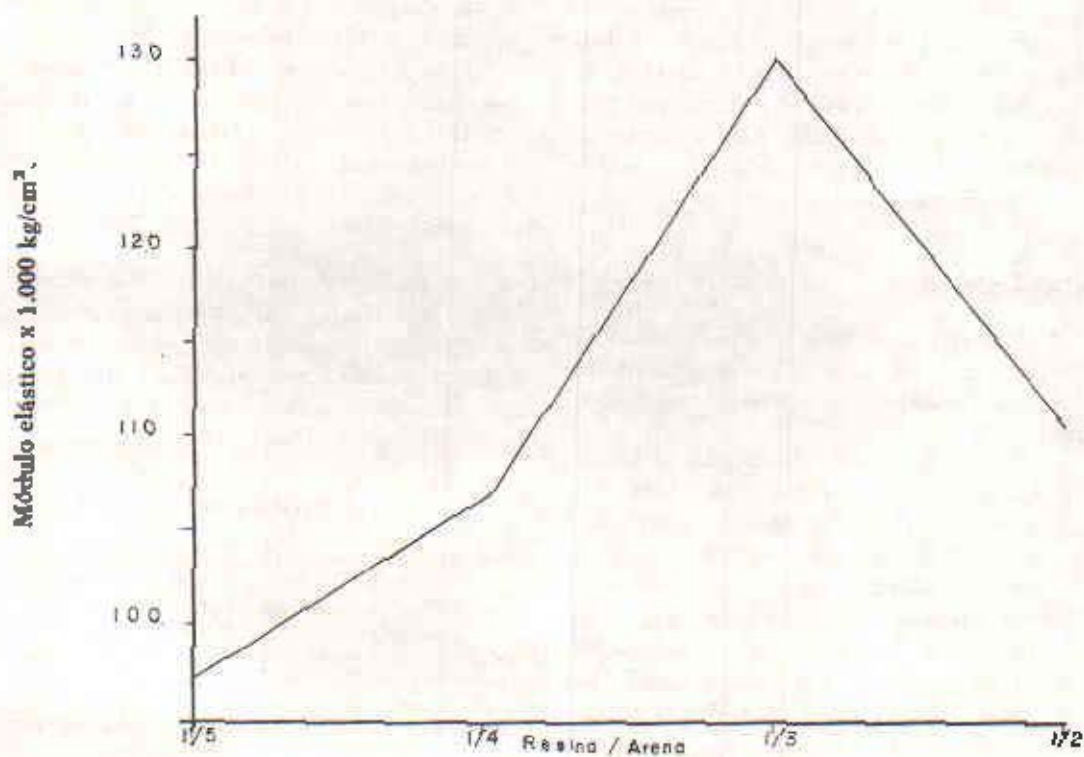
**Gráfica 3. Penetración-Tiempo, medición durante 30 seg. de penetración.**

El ensayo de resistencia a la tensión indirecta se realizó con probetas de las mismas dimensiones de las utilizadas en el ensayo de compresión, siguiendo el método brasilero aplicable al hormigón y del cual se obtuvieron resistencias del orden de 100 Kg/cm<sup>2</sup>. Como se puede apreciar en la gráfica 6, la dosis 1:2 supera a la 1:3 en sólo un 10% y en general sigue un comportamiento similar al obtenido en el ensayo de compresión.

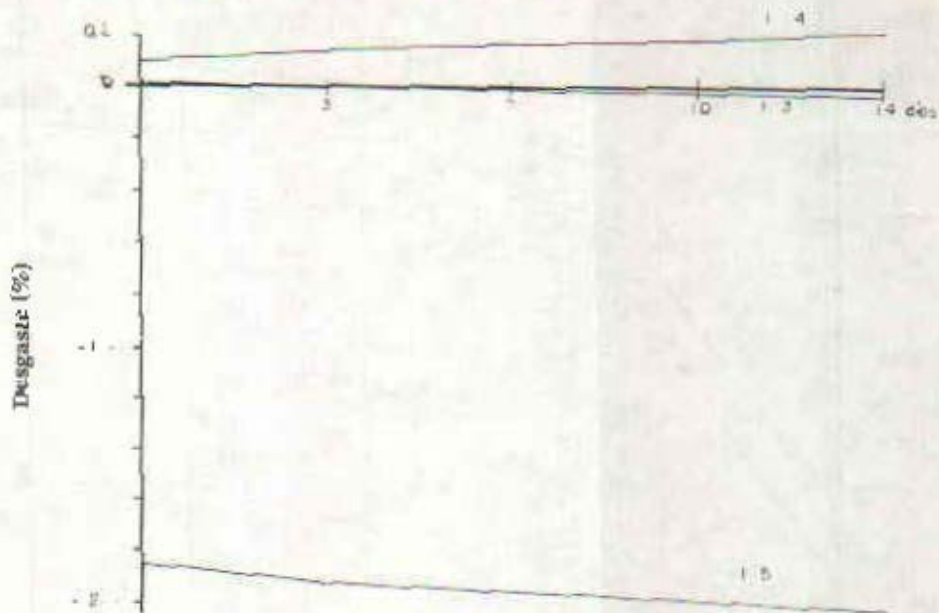
La gráfica 7, representa la variación del módulo elástico con cada dosis, donde se puede apreciar que la 1:3 presenta el mayor valor. El ensayo de resistencia al ataque químico se realizó utilizando probetas de mortero epóxico de dimensiones 5 cm x 5 cm x 1 cm, se elaboraron dos por cada ensayo, las cuales se sumergieron en sustancias consideradas como las más frecuentes en las industrias, como son el ácido clorhídrico, ácido fosfórico, ácido



Gráfica 6. Resistencia a la tensión indirecta - Edad.



Gráfica 7. Módulo elástico - Resina/Arena.



Gráfica 8. Desgaste - Edad.

sulfúrico, hidróxido de sodio y alcohol; se determinó el desgaste de las probetas sumergidas en las diferentes sustancias a las edades de uno, tres, siete, diez y catorce días. La gráfica 8 muestra el comportamiento de las muestras de mortero sumergidas por ejemplo en ácido sulfúrico al 20%, donde se aprecia que la dosis 1:3 es la que más resiste al ataque químico de esta sustancia. Este comportamiento se pudo apreciar en forma similar con las demás sustancias.

### Conclusiones

Las consecuencias a que se llegó luego de analizar los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio son las siguientes:

a. La granulometría óptima resultó ser la Fuller 2,4 mm, ya que ésta ofrece el mejor comportamiento en cuanto a manejabilidad, alta resistencia a la compresión, la menor relación de vacíos y por consiguiente el menor consumo de resina epóxica para pegar las partículas; además presenta el mayor módulo elástico con respecto a las mezclas con las otras granulometrías.

b. La proporción en volumen resina:arena (1:3) es la que brinda el mejor comportamiento puesto que presenta buena manejabilidad, alta resistencia a la compresión, ninguna contracción, alta resistencia a la tensión indirecta, alta resistencia al ataque químico y también el mayor módulo elástico, además resulta ser un mortero más económico (20%) en comparación con el de la dosis 1:2.

### Recomendaciones

Con este trabajo de investigación se abren nuevos horizontes para profundizar sobre otras aplicaciones de los morteros epóxicos y eventualmente concretos epóxicos, los cuales seguramente serán materiales de uso práctico en la construcción.

### BIBLIOGRAFIA

- Bohórquez, Uriel y Echeverry, Carlos. *Morteros epóxicos*. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Militar "Nueva Granada", 1987.
- Fernández Canovas, M. *Los morteros epóxicos en la construcción*. (Artículo publicado en el No. 197 de la Revista Informes de la Construcción). Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento.
- Sika. *Resinas y recubrimientos*. Sikaguard 63.