

## **DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO UTILIZANDO AGREGADO PÉTREO DEL RÍO TIRGUA, SECTOR ARIZONA, MUNICIPIO EZEQUIEL ZAMORA, ESTADO COJEDES**

*(DESIGN OF CONCRETE MIXTURES USING AGGREGATE STONE OF THE TIRGUA RIVER, ARIZONA SECTOR, EZEQUIEL ZAMORA MUNICIPALITY, COJEDES STATE)*

**Montero P.<sup>1</sup>, Salas D.<sup>2</sup> y Hernández E.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Pedro Montero, estudiante, UNELLEZ-San Carlos, Teléfono: 0412-7526140,  
Email: [pedromiguelmonterolinares@gmail.com](mailto:pedromiguelmonterolinares@gmail.com)

<sup>2</sup>Delio Salas, estudiante, UNELLEZ-San Carlos, Teléfono: 0416-2301941,  
Email: [deliosalas.1996@gmail.com](mailto:deliosalas.1996@gmail.com)

<sup>3</sup>Ernesto Hernández Gil, PhD en Ambiente y Desarrollo, UNELLEZ-San Carlos, Teléfono:  
0416-7092313, Email: [ernestohernandezgil@gmail.com](mailto:ernestohernandezgil@gmail.com)

**Recibido:** 12/11/2021      **Aceptado:** 15/01/2022

### **RESUMEN**

El concreto es uno de los materiales más utilizado en el mundo de la construcción para la realización de obras, sus componentes básicos son agua, cemento y agregados pétreos como la piedra picada o el canto rodado y la arena; estos últimos componentes de origen pétreo, son el punto de partida para regionalizar los diseños de mezclas de concreto, abaratando los costos de transporte y contribuyendo al desarrollo de la región. En tal sentido, el objetivo general de este estudio, consiste en ensayar los agregados pétreos provenientes del río Tirgua, sector Arizona, municipio Ezequiel Zamora, para la elaboración de mezclas de concreto con resistencias de diseño de 150, 200, 250, 300 y 350 Kg/cm<sup>2</sup>. Se prepararon cinco (5) mezclas, se realizaron tres (3) cilindros de prueba para cada una. Se midió el asentamiento al momento de preparar la mezcla a través del Cono de Abrams y la resistencia a la compresión a los 20 y 21 días de elaborada, proyectándola a los 28 días; el curado consistió en sumergir los cilindros en agua saturada de cal, dichos cilindros poseían un diámetro de 15 cm y 30 cm de altura. Obteniendo, entre otros resultados, una ecuación que vincula el asentamiento con la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión con la relación agua/cemento, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 93.4 y 99.5%, respectivamente.

**Palabras clave:** Asentamiento, resistencia a la compresión, concreto.

## **ABSTRACT**

Concrete is one of the most used materials in the world of construction for carrying out works, its basic components are water, cement and stone aggregates such as crushed stone or pebbles and sand; These last components of stone origin are the starting point to regionalize the designs of concrete mixtures, lowering transportation costs and contributing to the development of the region. In this sense, the general objective of this study is to test the stone aggregates from the Tírgua river, Arizona sector, Ezequiel Zamora municipality, for the preparation of concrete mixtures with design strengths of 150, 200, 250, 300 and 350 Kg / cm<sup>2</sup>. Five (5) mixtures were prepared, three (3) cylinders were made for each one. The settlement was measured at the time of preparing the mixture through the Abrams Cone and the resistance to compression at 20 and 21 days of elaboration, projecting it at 28 days; the curing consisted of immersing the cylinders in water saturated with lime, said test cylinders had a diameter of 15 cm and 30 cm in height. Obtaining, among other results, an equation that links the settlement with the water / cement ratio and the compressive strength with the water/cement ratio, with a coefficient of determination (R<sup>2</sup>) of 93.4 and 99.5%, respectively.

**Keywords:** *Settlement, compressive strength, concrete.*

## **INTRODUCCIÓN**

El concreto es una mezcla de cemento, agregados gruesos, agregados finos y agua, y es un material que ha sido utilizado y estudiado por cientos de años en virtud de sus propiedades para ser moldeado en estado fresco y por su resistencia en estado endurecido.

En Venezuela el uso del concreto va en aumento, generando así la necesidad de contar con materiales que tengan un adecuado desempeño dentro de las mezclas, por esta razón, la producción y uso de agregados provenientes de la misma región también viene creciendo, así como la búsqueda de nuevas alternativas en materiales que aprovechen

los subproductos generados en la industria y que actualmente no tienen un uso adecuado.

Los agregados pétreos son componentes fundamentales del concreto, sus características afectan no solo las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido sino también en el costo del mismo. Los agregados conforman entre el 70% y 80% del volumen del concreto, razón por la cual es importante conocer sus propiedades y la influencia en las mismas propiedades del concreto para optimizar no solo su uso y explotación, sino también el diseño de mezclas de concreto.

Proporcionar o diseñar una mezcla consiste en determinar las cantidades relativas de materiales que se deben emplear en las mismas para obtener un concreto adecuado para un uso determinado; en la actualidad, los métodos más usados son los empíricos directos, respaldados por consideraciones y principios técnicos, que consisten en proporcionar y hacer amasados de prueba basados en la relación agua/cemento ( $\alpha$ ), y tomando en consideración factores que afectan el concreto resultante (cemento, gradación y propiedades de los agregados).

El diseño de mezclas de concreto representa una labor de gran responsabilidad por parte del calculista y por parte del constructor. El primero, debe garantizar que las proporciones y propiedades mecánicas tanto de los agregados como del cemento sean de buena calidad y el segundo debe garantizar los mecanismos de transporte y colocación del concreto.

Se han realizado estudios para observar el comportamiento del concreto al añadir otro tipo de material con el fin de optimizar la mezcla. En este sentido, la

presente investigación se basó en la exploración, por medio de ensayos de laboratorio, del comportamiento del concreto con la incorporación de agregados pétreos (arena cernida y canto rodado) en la mezcla, para analizar los valores de asentamiento del concreto en estado fresco y determinar el comportamiento de la resistencia a la compresión del mismo.

## **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **Concreto u hormigón**

Según Porrero, Ramos, Grases y Velasco (2008), el concreto u hormigón es un material que se puede considerar constituido por dos partes: una es un producto pastoso y moldeable, que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo, y la otra son trozos pétreos que quedan englobados en esa pasta. A su vez, la pasta está constituida por agua y un producto aglomerante o conglomerante, que es el cemento. El agua cumple la doble misión de dar fluidez a la mezcla y de originar el proceso de Fraguado.

### **Medición de asentamiento con el cono de Abrams**

El asentamiento medido con el Cono de Abrams, según la Norma COVENIN

339-2003, "Concreto. Método para la medición del asentamiento con el Cono de Abrams" es un índice bastante práctico; aunque no mide todas las propiedades plásticas de la mezcla, ni las valora con el mismo grado de influencia que ellas realmente tienen en el concreto, brinda una información útil sobre todo en términos comparativos. Aunque el Cono de Abrams es uno de los métodos más usados, tiene limitaciones ya que es útil solamente para concretos con agregados pétreos, tamaños máximos menores a 5 centímetros y con relativa plasticidad, caracterizada por asentamientos entre unos 2 y 17 centímetros (Porrero y otros, 2008).

#### **Relación agua-cemento.**

Porrero y otros (ob. cit.) hace referencia que la resistencia del concreto sólo depende de la relación agua-cemento ( $\alpha$ ). La cual coincide con la Asociación Colombiana de Productores de Concreto [ASOCRETO] (2000) quienes señalan que en el concreto totalmente compactado este factor es el más importante. El factor ( $\alpha$ ), en una mezcla de concreto se define como la relación entre la cantidad de agua en peso, sin incluir el agua absorbida por

los agregados, sobre la cantidad de cemento en peso, la resistencia del concreto está estrechamente relacionada con ( $\alpha$ ), entre mayor sea el contenido de agua, la pasta tendrá más poros y la resistencia disminuye. En cambio, entre menor sea el contenido de agua, la pasta tendrá menos poros y la resistencia aumenta.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Tipo, diseño y nivel de la investigación**

Esta investigación se enmarca en el Paradigma Positivista, es de enfoque cuantitativo, Hernández, Fernández y Baptista (2014), describe que este enfoque utiliza la recolección de datos para comprobar hipótesis, que es importante señalar, se han planteado con antelación al proceso metodológico; con un enfoque cuantitativo el cual se plantea un problema y preguntas concretas de lo cual se derivan las hipótesis. Con respecto al tipo de investigación es cuasi experimental, ya que en este estudio se realizaron experimentos para evaluar el comportamiento de diferentes mezclas de concreto utilizando agregados pétreos (arena cernida y canto rodado) del río

Tirgua, sector Arizona, municipio Ezequiel Zamora, estado Cojedes.

### **Unidad de estudio**

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de mecánica de los suelos del Programa de Ciencias Básicas y Aplicadas del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, San Carlos Estado Cojedes.

### **Fases de la investigación**

*Fase I: Diagnóstico de las características físicas y químicas de los agregados finos y gruesos que se emplearan en la elaboración de mezclas de concreto:* obteniendo el agregado fino y grueso se procedió a realizar los siguientes ensayos:

- Granulometría: Para la realización de este ensayo se tomó en cuenta el procedimiento establecido en la norma COVENIN 255-1998. Determinación de la composición granulométrica de los agregados.
- Densidad y absorción: Para la realización de este ensayo se tomó en cuenta los procedimientos establecidos en

la norma COVENIN 268-1998. Determinación de la densidad y absorción. Agregado Fino y la norma COVENIN 269-1998. Determinación de la densidad y absorción. Agregado grueso.

- Peso unitario: Para este ensayo se siguió el procedimiento establecido en la norma COVENIN 263-1978. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
- Determinación de impurezas orgánicas: Este ensayo se realizó siguiendo el procedimiento en la norma COVENIN 256-1977. Método de ensayo para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto. (Ensayo colorimétrico).
- Cociente entre la dimensión máxima y dimensión mínima del agregado grueso: Este ensayo está basado en la norma COVENIN 264-1977. Método de ensayo para determinar el cociente entre la dimensión máxima y dimensión mínima de agregados gruesos para concreto.
- Comparación de las propiedades obtenidas de los agregados fino y grueso con lo establecido por la norma

COVENIN 277-2000, para su aceptación o rechazo.

***Fase II: Analizar los valores del asentamiento del concreto fresco, medido con el cono de Abrams, utilizando agregados pétreos:*** realizada la caracterización de los agregados y cumplido los criterios indicados en la COVENIN 277-2000 y los valores recomendados por Porrero y otros (ob. cit.), se procede a realizar el diseño de mezclas de concreto con la metodología del manual de Concreto Estructural (Porrero y otros, ob. cit.).

Se prepararon 5 mezclas de concreto con diferentes resistencias ( $F'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ ,  $F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ ,  $F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ ,  $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ ,  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ ), las cuales arrojaron una cantidad de 3 cilindros por mezcla. Inmediatamente después de preparadas las mezclas se procedió a la medición del asentamiento con el cono de Abrams, siguiendo el procedimiento descrito en la COVENIN 339-2003.

***Fase III: Determinar el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto, utilizando agregados pétreos:*** posterior a la

preparación de la mezcla la misma fue vaciada en los cilindros de ensayo hasta obtener el fraguado del concreto. Se tomaron 3 cilindros por mezcla para estudiar el comportamiento de la misma. La norma COVENIN 1976-03 Concreto. Evaluación y métodos de ensayos expresa en la sección 7.5.3, sobre la edad de los ensayos, menciona que en el medio la resistencia que se especifica habitualmente, es la de 28 días de edad; sin embargo, pueden ser especificadas resistencias a otras edades, o puede ser conveniente conocerlas, aunque no sean de especificación. En tal sentido, por el régimen de 12 semanas y aplicando la COVENIN 338-2002 Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto, se realizó el ensayo de rotura a los 21 días edad del concreto y se proyectó a los 28 días.

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

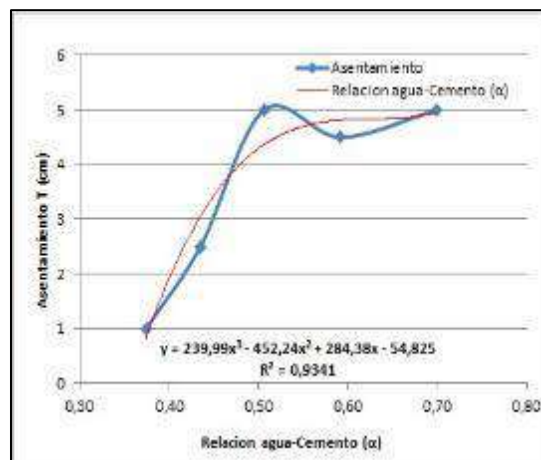
En cuanto al diagnóstico de las características físicas y químicas de los agregados finos y gruesos provenientes del río Tírgua, sector Arizona, municipio Ezequiel Zamora, estado Cojedes, se puede indicar el agregado grueso

estudiado cumple con los límites establecidos del agregado grueso de la norma COVENIN 277-2000, están dentro del rango indicado, por lo que el agregado cumple con las características de una piedra N° 1

En relación a los pesos específicos y pesos unitarios de los agregados en estado suelto y compactado, por barra o percusión, están en el rango de valores usuales recomendados por Porrero y otros (ob. cit.). Para las cantidades nocivas de impurezas orgánicas, se ensayó según la Norma COVENIN 256-77, obteniendo un color más claro que el N° 3 del patrón Gardner. Finalmente el cociente entre la dimensión máxima y dimensión mínima, realizado según COVENIN 264-1997, el valor fue de solo 8.92% de partículas con  $L_{max}/L_{min} > 3$ , inferior al máximo aceptable del 25%.

En el análisis de los valores de asentamiento del concreto fresco, medido con el cono de Abrams (Figura 1), se obtuvo una ecuación de regresión que relaciona el asentamiento en centímetros con la relación agua/cemento ( $\alpha$ ), lo que permite estimar el valor de la consistencia del concreto fresco conociendo el  $\alpha$ , para

un rango de 0.37 a 0.70 y un valor de proporción de agregado fino referido al total de 0.4918 (49.18%).



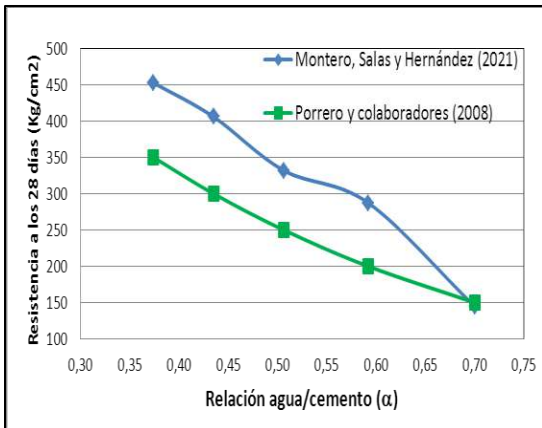
Fuente: Propia

Figura 1. Asentamiento obtenido vs. relación agua/cemento ( $\alpha$ )

Finalmente, en cuanto a la determinación del comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto, en la figura 2 se observa el comportamiento de las resistencias a la compresión ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) del Proyecto (que es la señalada en la metodología del manual de Concreto de Porrero y otros, ob. cit.) y la real u obtenida. La resistencia a la compresión del concreto (RCC) Real es mayor a la resistencia de Proyecto para relación agua/cemento inferior a 0,69 aproximadamente, estos resultados coinciden en tendencia con los obtenidos por Hernández (2003) y



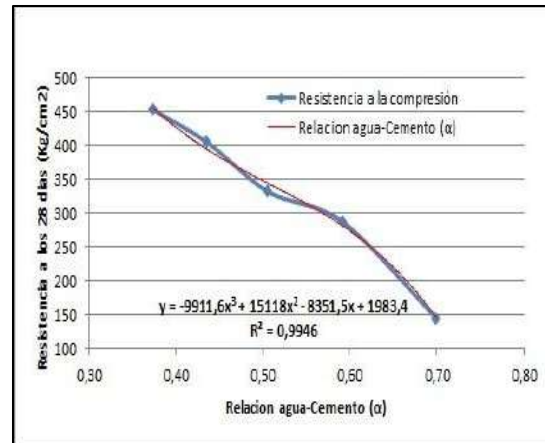
Hernández (2006), en relación a que la metodología del Manual de Concreto tiende a subestimar la resistencia a la compresión, es decir que la resistencia de Proyecto suele ser inferior a valor real.



Fuente: Propia

Figura 2. Resistencia a la Compresión del concreto a los 28 días de Proyecto y Real vs. relación agua/cemento ( $\alpha$ ).

Al igual como se realizó para el asentamiento, se obtuvo una relación entre los valores de resistencia a la compresión real u obtenido ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) y la proporción agua/cemento ( $\alpha$ ), obteniendo (figura 3):



Fuente: Propia

Figura 3. Resistencia a la Compresión del concreto a los 28 días Real vs. relación agua/cemento ( $\alpha$ ).

## CONCLUSIONES

Conforme a la caracterización de los agregados, y en comparación con la Norma COVENIN 277-2000, se pudo determinar que son aceptables para la elaboración de un diseño de mezcla y los demás ensayos se encuentran dentro de las especificaciones de Porrero y otros (ob. cit.), de acuerdo a los ensayos realizados.

En cuanto al asentamiento medido a través del cono de Abrams, no existe una relación definida de proporcional entre los valores de Asentamiento (cm) y la relación agua/cemento, sin embargo la ecuación de regresión siguiente, se ajusta



con un alto coeficiente de ajuste del 93.41%:

$$T = 239.99 \alpha^3 - 452.24 \alpha^2 + 284.36 \alpha - 54.825$$

Dónde: T: Asentamiento en cm  
 $\alpha$ : relación agua/cemento

La resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregados pétreos del río Tirgua, Sector Arizona, municipio Ezequiel Zamora del estado Cojedes, se adecua a la ecuación de regresión, polinómica de 3<sup>er</sup> grado, que vincula la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua/cemento:

$$R_{28 \text{ días}} = -9911.6 \alpha^3 + 15118 \alpha^2 - 8351.5 \alpha + 1983.4$$

Dónde:  $R_{28 \text{ días}}$ : Resistencia a la Compresión del concreto a los 28 días  
 $\alpha$ : relación agua/cemento

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Colombiana de Productores de Concreto [ASOCRETO]. (2000). Tecnología y Propiedades. Colección Básica del Concreto 1. ASOCRETO. Santafé de Bogotá. Colombia

Hernández G., E. J. (2006). Valoración del asentamiento y de la resistencia a la compresión del concreto utilizando agregado pétreo del municipio Falcón.

Trabajo de Ascenso. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. San Carlos. Venezuela.

Hernández, E. (2003). Diseño de mezclas de concreto con agregado pétreo de la región. Trabajo de Investigación, UNELLEZ, San Carlos.

Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. México D.F., México: Mc. Graw Hill.

Norma Venezolana. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 263-1978. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. FONDONORMA.

Norma Venezolana. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 255-1998. Agregados. Determinación de la composición granulométrica. FONDONORMA.

Norma Venezolana. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 256-1977. Método de ensayo para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto (Ensayo colorimétrico). FONDONORMA.

Norma Venezolana. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 264-1977. Método de ensayo para determinar el cociente entre la dimensión máxima y dimensión mínima en agregados gruesos para concreto. FONDONORMA.

Norma Venezolana. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 268-1998. Peso específico y

- absorción del agregado fino.  
FONDONORMA.
- Norma Venezolana. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 269-1998. Peso específico y absorción del agregado grueso. FONDONORMA.
- Norma Venezolana. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 277-2000. Concreto, Agregados, Requisitos. FONDONORMA.
- Norma Venezolana. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 338-2002. Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a Compresión de Cilindros de Concreto. FONDONORMA.
- Norma Venezolana. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 339-2003. Concreto. Método para la Medición del Asentamiento con el Cono de Abrams. FONDONORMA.
- Norma Venezolana. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 1753-2006. Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural. FONDONORMA.
- Porrero, J.; Ramos, C.; Grases, J. y Velazco, G. (2008). Manual del Concreto Estructural Conforme con la Norma COVENIN 1753:2003. SIDETUR, Excelencia Siderúrgica, Caracas, marzo, 2008. Segunda Edición.