

**PROPUESTA DE USO DEL JUGO DE FIQUE COMO PLASTIFICANTE DEL
CONCRETO**

**PAOLA ANDREA CARREÑO SUPELANO
YESENIA SORANY JACOME QUEVEDO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO – MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2016

**PROPUESTA DE USO DEL JUGO DE FIQUE COMO PLASTIFICANTE DEL
CONCRETO**

PAOLA ANDREA CARREÑO SUPELANO

YESENIA SORANY JACOME QUEVEDO

Trabajo de grado como requisito para optar al título de

Ingeniero Civil

Director:

RICARDO ALFREDO CRUZ HERNANDEZ

Ingeniero Civil. Ph D

Codirector:

JULIAN ORLANDO HERRERA ORTIZ

Ingeniería Metalúrgica. MsC

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO – MECANICAS**

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

BUCARAMANGA

2016

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado principalmente a Dios, por darme la fuerza suficiente cuando creí no poder, por darme sabiduría y estar siempre conmigo en cada una de las decisiones que tomé.

A mis padres, quienes siempre me han dado el apoyo necesario y creyeron en mí incondicionalmente, porque me dieron la oportunidad de crecer como persona.

A mi tío, a quien quiero y admiro, por impulsarme a ser cada día mejor, y enseñarme que significa ser un ingeniero, y hacer que sintiera confianza en cada una de las cosas.

A mi hermana, que siempre me escuchó y estuvo pendiente de mí a la distancia.

A todos mis amigos y compañeros, que en algún momento me brindaron una mano ayuda en este gran proceso de alcanzar esta meta tan anhelada.

En especial a Sergio Abril, por regalarme parte de su vida. Por estar siempre conmigo incondicionalmente, brindándome ayuda, confianza y apoyo. Sin él todo hubiese sido más difícil.

PAOLA ANDREA CARREÑO

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mi madre, Floralba Quevedo quien con amor y dedicación me ha sabido guiar en la vida, por ser comprensiva con mis errores y porque ha creído en mí.

A mi padre, Darío Antonio Jácome quien ha puesto su fe y amor en mis proyectos de vida, y por convertirse en una persona más comprensiva y llena de amor.

A mis hermanas Lida y Viviana porque siempre me hacen sentir especial con todo lo que realizo y por ser parte importante en mi paso por la universidad.

A mis dos sobrinos Dariana Bautista y Juan José Castro quienes me han dado un amor puro y con sus sonrisas y travesuras no han dejado perder mi niña interior.

A mis amigos Sergio, Christian y Jorge quienes en momentos difíciles me dieron fuerza para continuar y apoyaron incondicionalmente, a mi amiga Charlotte con quien compartí muchas alegrías y tristezas, y a Juliana Medina y familia quienes en mi última etapa en la universidad me acogieron en su hogar.

YSEÑIA SORANY JÁCOME QUEVEDO

CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCION	14
1. METODOLOGIA	17
1.1 AGREGADOS GRUESO Y FINO	17
1.2 CEMENTO	19
1.3 JUGO DE FIQUE	19
1.3.1 Extracto seco convencional.....	19
1.3.2 Pérdida por calcinación.	20
1.3.3 Formación espuma.....	21
1.3.4 Determinación de pH.....	22
1.4 AGUA.	22
1.5 DETERMINACIÓN DE ASENTAMIENTO EN EL HORMIGÓN.	23
1.6 COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN.....	23
1.7 ABSORCIÓN DE AGUA EN EL CONCRETO ENDURECIDO	24
2. RESULTADOS Y ANALISIS	27
2.1 DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DEL JUGO DE FIQUE MEDIANTE ENSAYOS DE PERDIDA POR CALCINACIÓN, FORMACIÓN DE ESPUMA, EXTRACTO SECO CONVENCIONAL Y DETERMINACIÓN DEL PH.	27
2.1.1 Formación De Espuma.....	28
2.2 VERIFICAR EL EFECTO DEL JUGO DE FIQUE COMO AGENTE PLASTIFICANTE A TRAVÉS DE AVALUACIÓN LA DE LA TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA DE CONCRETO.	30
2.3 EVALUAR LA INFLUENCIA DEL JUGO DE FIQUE EN LA ABSORCIÓN Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO MODIFICADO.....	32
2.3.1 Resistencia mecánica a la compresión	32
2.3.2 Absorción de Agua en el Concreto Endurecido.....	34
3. CONCLUSIONES	36
CITAS	38
BIBLIOGRAFIA	40
ANEXOS	41

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Proporción de los materiales en el diseño de mezcla por metro cúbico. .	17
Tabla 2. Características del jugo de fique.....	27
Tabla 3. Condiciones establecidas para los ensayos de Slump.....	31
Tabla 4. Resistencias promedio por mezclas respecto a los días de curado.	33
Tabla 5. Determinación de la densidad y absorción de agua en el concreto.....	34

LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Proceso de desfibrado de la hoja de fique.	15
Figura 2. Ensayo formación de espuma.....	21
Figura 3. Equipo utilizado para la obtención del pH.	22
Figura 4. Tamizado del jugo de fique.	28
Figura 5. Volumen de espuma formada en ml .para varias edades del jugo	29
Figura 6. Variación del volumen de espuma en el tiempo de ensayo.	29
Figura 7. Volumen de espuma en el tiempo 0 y estabilidad a las diferentes edades	30
Figura 8. Ensayo de trabajabilidad cono de Abrams.	31
Figura 9. Resultados de resistencia a la compresión de hormigones con jugo de fique y aditivo plastificante comercial.....	33

LISTA DE ANEXOS

	Pag
ANEXO A. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	41
ANEXO B. DISEÑO DE MEZCLA	47
ANEXO C. MEMORIAS ENSAYO DE CONTENIDO DE ESPUMA.....	48
ANEXO D. MEMORIAS DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION.....	50

RESUMEN

TITULO:

PROPUESTA DE USO DEL JUGO DE FIQUE COMO PLASTIFICANTE DEL CONCRETO*.

AUTOR:

PAOLA ANDREA CARREÑO SUPELANO

YESENIA SORANY JÁCOME QUEVEDO**

PALABRAS CLAVE: Aditivo plastificante, jugo de fique, asentamiento, resistencia a la compresión, absorción.

En este trabajo se estudió el efecto plastificante generado por el jugo de fique en el concreto. Inicialmente se realizó un diseño de mezcla patrón de 28 MPa, con un asentamiento de 8 a 10 cm. Con el fin de mantener el asentamiento, se varió el volumen de agua en las muestras de concreto que contienen jugo de fique en proporciones de 1% y 5% cambiando la relación a/c. Se observó que para ambas proporciones hubo una reducción en la resistencia a la compresión a los 28 días de curado del 5,5% y 9,9% respectivamente en comparación a la resistencia de la muestra patrón; igualmente la capacidad de absorción de las muestras con el 1% y 5% de jugo de fique presentaron una disminución del porcentaje de absorción respecto al espécimen patrón. El hormigón con 5% de jugo, a pesar de su baja resistencia, presentó un volumen representativo de poros permeables del 17,20 %, con una disminución respecto a la muestra patrón del 1,05%.

Se le determinaron al jugo de fique su capacidad espumante y estabilidad de la espuma formada a los 2, 9 y 15 días después de su extracción, se encontró un decrecimiento del 76% del volumen de espuma entre los días 2 y 9, también un decrecimiento de la estabilidad espumante de 22,73% a 14,29%. En el día 15 no se observó ninguna capacidad y estabilidad espumante. Se realizaron pruebas de pH, calcinación y extracto seco convencional, mostrando poca cantidad de materia orgánica, junto con una gran cantidad de agua y un pH ácido de 4,92.

* Trabajo De Grado

** Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela De Ingeniería Civil. Director: Ricardo Alfredo Cruz Hernandez. Codirector: Julián Orlando Herrera Ortiz

ABSTRACT

TITLE:

PROPUESTA DE USO DEL JUGO DE FIQUE COMO PLASTIFICANTE DEL CONCRETO.*

AUTHOR:

PAOLA ANDREA CARREÑO SUPELANO

YESENIA SORANY JÁCOME QUEVEDO**

KEYWORDS: Plasticizer additive, Fique liquor, Slump, compressive strength, absorption.

On this work the plasticizing effect generated by the fique juice in concrete was studied. Initially a concrete mix design of 28 MPa was performed, with a slump of 8 to 10 cm. In order to maintain the slump, the volume of water in the concrete samples that contain fique juice varied in proportions of 1% and 5% changing the a/c ratio. It was observed that both of the proportions had a reduction in the compressive strength at 28 days or curing of 5,5% and 9,9% respectively, compared to the resistance of the standard sample; also the absorption capacity of the samples with 1% and 5% de fique juice showed a decrease on the absorption percentage compared to the standard sample. The concrete with 5 % of juice, despite its low resistance, showed a representative permeable pore volume of 17,20%, with a decrease compared to the standard sample of 1,05%.

The foaming ability and stability of the foam was determined in the fique juice at 2,9 and 15 days after the extraction, a decrease of 76% of foam volume were found between 2 and 9 days, also a decrease on the foaming stability of 22,73% to 14,29% were found. In the 15th day no capacity and foaming stability was observed. pH testing, and conventional dry calcination were performed showing few organic matter, along with a great quantity of water and an acid pH of 4,92.

* Trabajo De Grado

** Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela De Ingeniería Civil. Director: Ricardo Alfredo Cruz Hernandez. Codirector: Julián Orlando Herrera Ortiz

INTRODUCCION

Actualmente se ha incrementado la demanda en la construcción, y con ello la necesidad de dar solución a ciertas exigencias de los diseños como la durabilidad y la presentación visual del concreto; debido a ello se vio la necesidad de crear aditivos.

Como solución a la necesidad de mejorar la sostenibilidad de los materiales de construcción y sus procesos de producción, se ha estudiado la utilización de extractos orgánicos de origen vegetal como aditivos para el concreto; entre ellos se puede mencionar el extracto de la planta de cactus, aditivos proteínicos de la sangre animal, entre otros, que contienen saponinas, los cuales han reportado resultados aceptables para su utilización. [1].

El fique es una planta originaria de la región andina de Colombia y Venezuela que posteriormente se extendió a otros países de África, Asia y América Central [1]. Esta planta se utiliza principalmente para la extracción de fibra. En el proceso de extracción de la fibra se genera 96% de residuos entre bagazo y jugo, Figura 1, de los cuales el jugo constituye un 70%, en donde un 40% se puede extraer por prensado [3]. Este líquido es una suspensión con características que varían según la edad de la planta, estación del año y fertilidad del suelo; se caracteriza por tener un color verde ocre y un olor fuerte. Presenta una densidad media a escala de $1.02 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/mm}^3$ y su pH varía entre 4 y 5, siendo este un agente muy corrosivo. [1].

Los residuos que se generan del desfibrado no tiene un control y manejo adecuado, siendo estos depositados en el mismo lugar donde se realiza la extracción de la fibra de fique, causando problemas ambientales, esto debido a que el jugo presenta una naturaleza química, la cual contiene saponinas y fenoles que generan un impacto negativo sobre fuentes de agua, ya que producen reacciones químicas que hacen desoxigenar las fuentes hídricas, generando daños a la fauna y flora existente, junto con atraer plagas de insectos [3].

Anteriormente se realizaron estudios con el fin de dar un aprovechamiento de los subproductos y con ellos darle un valor agregado; en ellos se planteó la utilización

del jugo de fique como posible aditivo orgánico ocluser de aire en morteros y concretos, proponiendo su utilización como plastificante, y determinaron su acción surfactante, los cuales son elementos que funcionan como detergentes, emulsionantes o humectantes, que al tener contacto con el agua de amasado de la mezcla de concreto disminuye su tensión superficial, y permite la formación de burbujas de aire estables a la mezcla [1].

Figura 1. Proceso de desfibrado de la hoja de fique.



Existen diversos tipos de aditivos, entre ellos están los plastificantes, estos pueden ser de naturaleza orgánica o inorgánica, son utilizados para disminuir el agua en la mezcla de concreto, aumentando su trabajabilidad y resistencia al reducir la relación agua/cemento, con el fin de mantener el asentamiento de la mezcla, o un aumento de la trabajabilidad, para iguales proporciones de agua. Este tipo de aditivos crean una interface entre el cemento y el agua en la pasta, disminuyendo la atracción entre partículas, mejorando así el proceso de hidratación [9].

Los aditivos plastificantes presentan una serie de ventajas en estado fresco y endurecido:

- Concreto fresco [9].
 - a) Mejoras en la trabajabilidad.
 - b) Mejora características de terminado.
 - c) Menor energía de compactación.

- Concreto endurecido [9].
 - a) Mejorar apariencia final de terminado.
 - b) Pueden aumentar la resistencia (compresión, flexión, tensión y adherencia del concreto al refuerzo).
 - c) Reducen la permeabilidad.
 - d) Disminuyen los agrietamientos.
 - e) Pueden desarrollar mayores resistencias tempranas y finales.

Este tipo de aditivos se puede utilizar en cualquier tipo de concreto [9].

La presente investigación logró realizar un aporte en el conocimiento del jugo de fique en cuanto a su reacción en el concreto como aditivo plastificante, su influencia en la resistencia a la compresión y la capacidad de absorción en estado endurecido.

Se lograron encontrar resultados en la trabajabilidad, resistencia a la compresión y absorción de los hormigones a los que se les adicionó jugo de fique, con lo cual se podría calificar como un posible aditivo plastificante.

1. METODOLOGIA

El concreto patrón se diseñó para una resistencia a la compresión de 28MPa y un asentamiento de 8 a 10 cm, siguiendo la norma ACI 221[13]. Se usó cemento Portland tipo I marca Argos, el tamaño máximo del agregado grueso fue 3/4". Los agregados grueso y fino provienen respectivamente de canteras del Rio Chicamocha y Bocas, Santander.

En la tabla 1 se muestra el diseño de mezcla con las proporciones respectivas de cada material por metro cúbico.

Tabla 1. Proporción de los materiales en el diseño de mezcla por metro cúbico.

Material	Proporción en peso (kg/m³)
Agua	243
Cemento	540
Agregado Grueso	948.12
Agregado Fino	500.1

1.1 AGREGADOS GRUESO Y FINO

La granulometría se realizó mediante la NTC 77 [18], para el agregado fino se seleccionó una muestra representativa de 1000 gramos y se usaron los tamices No 4, 8 16, 30, 50 y 100 ordenados en forma descendente, de igual forma para el agregado grueso se tomaron 7000 gramos utilizando los tamices 3/4, 1/2, 3/8 y No 4.

El contenido de materia orgánica en el agregado fino se definió usando la NTC 127 [19].Se comparó su tonalidad con la escala de colorimetría de Gardner.

Se determinó la masa unitaria mediante el procedimiento de la NTC 92 [23] la cual da un buen índice para conocer la calidad del agregado El cálculo de masa unitaria se determinó mediante la ecuación (1).

$$Masa(M) = \frac{Ps - Pm}{V} \quad (1)$$

M: es la masa unitaria Kg/m³.

Ps: es el peso del medidor más el material s.s.s, suelto.

Pm: peso del medidor.

Con la norma NTC 176 [15] se definió la densidad y la absorción del agregado grueso y se obtuvo la densidad aparente (DBulk), la densidad nominal (Dn), la densidad Aparente saturada superficialmente seca(Da.sss)y el porcentaje de absorción, mediante las siguientes ecuaciones(2), (3), (4), y (5):

$$Densidad\ aparente = \frac{C}{(A - B)} \quad (2)$$

$$Densidad\ aparente\ S.S.S = \frac{A}{(A - B)} \quad (3)$$

$$Densidad\ nominal = \frac{C}{(C.B)} \quad (4)$$

$$Absorción\ (\%) = \frac{(A - C)}{C} * 100 \quad (5)$$

Dónde:

A: Peso de la muestra en condiciones s.s.s., en el aire.

B: Peso de la muestra en el agua.

C: Peso de la muestra secada al horno, en el aire.

Se empleó la norma la NTC 237[16] para hallar la densidad y absorción del agregado fino. Mediante las ecuaciones (6), (7), (8) y (9) se obtuvo la densidad aparente (Dbulk), la densidad nominal (Dn), la densidad aparente saturada superficialmente seca (Da. SSS):

$$Densidad\ aparente = \frac{D}{(A + B - C)} \quad (6)$$

$$Densidad\ aparente\ S.S.S = \frac{B}{(A + B - C)} \quad (7)$$

$$Densidad\ nominal = \frac{D}{(A - C + D)} \quad (8)$$

$$Absorción\ (\%) = \frac{(B - D)}{C} \quad (9)$$

Donde:

A: Peso del frasco + agua hasta la marca, en el aire.

B: Peso de la muestra en condiciones S.S.S. en el aire.

C: peso de la muestra, frasco y agua agregada hasta la marca, en el aire.

D: peso de la muestra seca al horno.

1.2 CEMENTO

Mediante la NTC 221 [24] se determinó la densidad del cemento hidráulico, se utilizó un frasco de Le Chatelier para medir el volumen correspondiente a una cierta masa de cemento, por medio del desplazamiento de un líquido que no reacciona con él (generalmente Keroseno). Por medio de la ecuación (10).

$$Densidad \left(\frac{gr}{cm^3} \right) = \frac{MC}{VD} \quad (10)$$

MC: Masa de cemento en gramos.

VD: Volumen desplazado en ml.

1.3 JUGO DE FIQUE.

Para los ensayos se utilizó el jugo de la planta de fique (Nombre científico: *Furcraea Cabuya*), variedad Fique Cenizo, de la región de Curití, Santander, con dos días de su extracción, el cual se conservó a una temperatura entre 4°C y 5°C.

Al jugo de fique se le realizaron los siguientes ensayos:

1.3.1 Extracto seco convencional. El objetivo de este ensayo fue determinar el extracto seco que resta del jugo de fique tras extraer todo el agua a través de un calentamiento.

Equipos: Crisol para evaporación de fondo plano, desecador, horno con regulador y balanza analítica.

Procedimiento: El crisol de evaporación se calentó durante al menos una hora a $60 \pm 5^\circ\text{C}$. Se pasa después de enfriarla en un desecador. Se pesó una masa de 18.662 g de aditivo líquido. Se colocó la muestra en el horno precalentado aumentando la temperatura entre $60 \pm 5^\circ\text{C}$, $80 \pm 5^\circ\text{C}$ y $100 \pm 5^\circ\text{C}$ y se mantuvo durante 12 horas después de lo cual se pesó hasta mantener una masa constante.

El resultado se expresa en tanto por ciento en masa y se calcula por medio de la ecuación (11).

$$X = \frac{R}{M} * 100 \quad (11)$$

X: Extracto seco en masa, en tanto por ciento.

R: Masa del residuo, en gramos.

M: Masa del aditivo, en gramos.

1.3.2 Pérdida por calcinación. Este ensayo se realizó con el objetivo de establecer la cantidad de materia que se pierde al calcinar una sustancia cuando se somete a $700 \pm 5^\circ\text{C}$, hasta una masa constante.

Equipos: Horno de mufla, crisol de porcelana, pinzas.

Procedimiento: La cápsula de porcelana que contiene el residuo seco de aditivo líquido (extracto seco convencional), se introdujo durante 12 horas en el horno de mufla a 700°C . Transcurrido este tiempo, se sacó la cápsula del horno; se pasó a un desecador donde se dejó enfriar, durante 30 minutos, hasta la temperatura ambiente, y a continuación se pesó con una precisión no inferior a $\pm 0,001$ g. Se volvió a repetir el procedimiento anterior, esto con el fin de llegar a una masa constante.

Los resultados se expresan en tanto por ciento en masa, con relación a la cantidad de aditivo ensayado, y se calculan por medio de la siguiente ecuación (12):

$$\text{PI}(\%) = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1} * 100 \quad (12)$$

PI: Pérdida por calcinación, en porcentaje.

M1: Masa de la cápsula, en gramos.

M2: Masa de la cápsula con el residuo seco a 105°C.

M3: Masa de la cápsula con el resto del aditivo, sometido a 700± 5°C.

1.3.3 Formación espuma. La espuma se define como el conjunto de burbujas gaseosas separadas por películas delgadas de líquido que se forman en la superficie de un líquido. Este ensayo se realizó teniendo como guía la norma ASTM D1173-07[27], lo cual consiste en la medición del volumen de espuma obtenida después de dejar fluir libremente la solución a medir desde una altura de 450 mm en la superficie de un líquido de la misma solución.

Figura 2. Ensayo formación de espuma.



Equipo: probeta graduada de 200 ml, bureta de 100 ml, soporte metálico para montaje, cronometro.

Procedimiento: Se debe realizar el montaje de los elementos a una altura de flujo 450 mm.

- Se llenó la bureta con 100 ml y 50 ml en la probeta teniendo especial cuidado para que no se forme espuma en la solución.
- Permitiendo que la solución fluya sin interrupción se midió el tiempo de caída del flujo con el cronometro. Todas las mediciones en las cuales el tiempo de flujo diferían en más del 5% de la medida fueron rechazadas.
- Al finalizar la caída del jugo se midió el volumen de espuma formada a los 0 seg, 1min, 3min y 5min.

1.3.4 Determinación de pH. Para lograr conocer el grado de acidez o de basicidad del jugo de fique se siguió el método de la norma ASTM E: 70-97 [28] donde la escala varía entre 0 y 14, para valores menores a 7 se considera que la muestra es ácida, mientras que si es mayor a 7 se clasifica como básica. Una solución con pH 7 será neutra.

Figura 3. Equipo utilizado para la obtención del pH.



Equipos: Medidor de pH de sensibilidad 0,01 unidades de pH

Procedimiento: inicialmente se calibró el medidor de pH sumergiendo el electrodo en una solución de pH 7, después de realizar la lectura se retira y lava con agua destilada, posteriormente se introdujo en la solución de pH 4 y se retira después de realizar la lectura, dando fin a la calibración, se lavó nuevamente el electrodo con agua destilada y se sumergió en la muestra de jugo, y se midió hasta mantener un pH constante.

1.4 AGUA.

El agua utilizada en la mezcla proviene del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. Con el fin de determinar que el agua no contiene impurezas que puedan interferir en el fraguado del concreto y afectar adversamente la resistencia se consultó la calidad fisicoquímica y microbiológica promedio mensual del agua tratada en la red de distribución.

Obteniendo un contenido de cloruros de 4mg/L que es inferior a 500 mg/L y para los sulfatos en el promedio anual fue de 24,3mg/L que se encuentran por debajo de los 1000 mg/L, definidos en la NTC 3459 para ambos casos.

1.5 DETERMINACIÓN DE ASENTAMIENTO EN EL HORMIGÓN.

Este ensayo se realizó con el fin de verificar el asentamiento deseado al realizar el diseño de mezcla. Se basó de acuerdo con la norma ASTM C143 [20].

Equipos: Varilla compactadora con punta redondeada, cono estándar para pruebas de revenimiento, flexómetro y cucharón.

Procedimiento: Se humedeció el molde y se colocó sobre una superficie horizontal plana, que se sujeta firme con los pies y se llenó con la muestra de concreto en tres capas, cada una debe ocupar un tercio del volumen del molde aproximadamente.

Cada capa se compactarse con 25 golpes de la varilla de forma uniforme sobre la sección transversal de la capas.

Al finalizar la última capa se alisó a ras de la superficie del concreto. Inmediatamente se retiró el cono. Se midió el asentamiento, determinado por diferencia entre la parte superior del cono y el centro de desplazamiento de la muestra.

1.6 COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN.

Este método de ensayo se basa en las normas ASTM C231 [12] y ASTM C39 [11], la cuales consisten en la elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio y en aplicar una carga axial a los cilindros de concreto a una velocidad que se encuentra en un rango de 0,14MPa/seg y 0,35 MPa/seg, hasta que se genere una falla y así obtener su resistencia final a la compresión.

Equipos: Moldes de cilindros (10 cm de diámetro y 20cm de altura), varilla de compactación, balanza electrónica de precisión, máquina de ensayos.

Procedimiento: Se realizó la mezcla seleccionando los materiales y pesándolos en la balanza electrónica, se mezcló inicialmente el fino y el cemento, y posteriormente se incorporó el agregado grueso y se mezcló poco a poco con el agua de amasado. Para la elaboración de los cilindros de cada ensayo se realizaron 9 probetas por cada tipo de mezcla (Patrón, jugo de fique al 1%, jugo de fique al 5% y aditivo comercial), las cuales fueron falladas a los 7, 14 y 28 días del curado. El procedimiento de fundición de cada cilindro se realizó en tres capas compactadas a 25 golpes de varilla, 24 horas posteriores a la fundida de las probetas, se procedió a retirar los cilindros de concreto de los moldes y se sumergieron en el tanque de curado, una vez identificados.

Posterior al curado, dependiendo de los días de ensayo, se procedió a ser sacados del tanque de curado, para ser ensayados en la máquina; esta registra la carga máxima para calcular la resistencia a la compresión, la cual se calculó por medio de la siguiente ecuación (13) forma:

$$R_c = \frac{F_c}{A} \quad (13)$$

R_c: Esfuerzo, kg/cm²

F_c: Resistencia última

A: Área del espécimen

1.7 ABSORCIÓN DE AGUA EN EL CONCRETO ENDURECIDO

Este método de ensayo se basó en la norma ASTM C642-13, la cual tiene como objetivo determinar el porcentaje de absorción de agua. Es necesario que de cada muestra se obtengan tres especímenes, los cuales deben ser ensayados por separado, y su volumen no debe ser menor a 350 cm³ o para concreto de peso normal, de aproximadamente 800 g.

Equipo: Balanza, recipiente, horno.

Procedimiento: Se determinó el peso de los especímenes y se secaron en el horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 horas, luego se retiraron del horno se secaron en aire seco y se pesaron (A). Posteriormente los especímenes se sumergieron en agua durante 48 horas hasta que los pesos de las muestras pesados cada 24 horas indicaron un incremento de la masa de menos del 0,5% del valor mayor comparado (B), luego los especímenes se sumergieron en un recipiente y colocaron a hervir durante 5 horas, se retiraron y se dejaron enfriar al aire por pérdida natural de calor por un periodo de 14 horas, se removió la humedad con una toalla y se determinó la masa del espécimen (C), finalmente se suspendió dentro del agua y se determinó su masa (D). Para determinar la densidad, la absorción de agua, y los vacíos permeables, es necesaria la utilización de las formulas (14), (15), (16), (17), (18), (19) y (20):

$$\begin{aligned} & \textit{Absorcion despues de inmersion} \\ & = [(B - A)/A] \times 100 \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} & \textit{Absorcion despues de inmersion y ebullicion, \%} \\ & = [(C - A)/A] \times 100 \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} & \textit{Densidad seca global (o bruta)} \\ & = [A/(C - D)] \times \rho = g \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} & \textit{Densidad glogal (o bruta) despues de inmersion} \\ & = [B/(C - D)] \times \rho \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} & \textit{Densidad global (o bruta) despues de inmersion y ebullicion} \\ & = [C/(C - D)] \times \rho \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} & \textit{Densidad Aparente} \\ & = [A/(A - D)] \times \rho = g_2 \end{aligned} \quad (19)$$

Volumen de vacios(espacio de poros permeables), %

$$= (g_2 - g_1)/g_2 \times 100 \quad (20)$$

A: Masa de muestra seca al horno, al aire.

B: Masa de muestra saturada de superficie seca después de inmersión.

C: Masa de muestra saturada de superficie seca después de inmersión y ebullición.

D: Masa sumergida aparente de la muestra suspendida en agua, después de inmersión y ebullición.

g1: Densidad global (Bruta) seca

g2: Densidad aparente

p: Densidad del agua= $1 \text{ Mg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$

2. RESULTADOS Y ANALISIS

Los resultados obtenidos en laboratorio y su correspondiente análisis se presentan en las siguientes secciones de acuerdo a los objetivos planteados.

Para los ensayos realizados con el jugo de fique fue necesario conservarlo a una temperatura entre 4°C y 5°C debido a su rápida fermentación.

2.1 DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DEL JUGO DE FIQUE MEDIANTE ENSAYOS DE PERDIDA POR CALCINACIÓN, FORMACIÓN DE ESPUMA, EXTRACTO SECO CONVENCIONAL Y DETERMINACIÓN DEL PH.

Para desarrollar esta investigación se tomaron cuatro (4) características principales: pérdida por calcinación, que indica la cantidad de materia orgánica presente en el jugo, formación de espuma, la cual da información sobre la capacidad espumante y estabilidad de la misma, extracto seco convencional, la cual proporciona el contenido de agua presente en el jugo y determinación del pH, que indica si el jugo es ácido o alcalino.

Se usaron los procedimientos descritos en el numeral 2.3 para la realización de cada prueba.

Tabla 2. Características del jugo de fique.

CARACTERISTICAS	VALOR
Extracto seco convencional	6.76%
Pérdidas por calcinación	8.57%
pH jugo de fique	4.92

Se puede notar que el jugo de fique es un líquido con un pH ácido, siendo posiblemente un agente corrosivo. Las pérdidas por calcinación muestran la presencia en pocas cantidades de materia orgánica, esto debido al proceso de colado realizado posterior al desfibrado (Figura 4). El extracto seco convencional muestra la gran cantidad de agua, dado que el porcentaje de residuo después de la evaporación es bajo, lo cual indica que el jugo es 93.24% agua.

Figura 4. Tamizado del jugo de fique.



2.1.1 Formación De Espuma. La fermentación del jugo provoca que el contenido de sapogeninas aumente, y disminuya el de saponinas, las cuales son las que actúan como tensoactivos disminuyendo la tensión superficial; por ello fue necesario mantener el jugo refrigerado con el fin de evitar su maduración [1]. El factor que más afecta la formación de espuma es la edad del jugo, es decir, el tiempo que ha transcurrido desde su extracción de la planta, hasta el momento que se utiliza.

La capacidad de formación de espuma que tenga el jugo, así como su estabilidad determina la estructura de poros en el hormigón endurecido. Debido a lo anterior, se buscó determinar el volumen de espuma que se forma a diferentes edades del jugo. El procedimiento de este ensayo, se describió en el numeral 2.3.3. Es necesario tener en cuenta que investigaciones anteriores señalan que la formación de espuma es más estable con una concentración del 100% del jugo, y por ello se trabajó con el jugo puro.

Se realizaron ensayos de capacidad espumante en los días 2, 9 y 15, para poder verificar la disminución de esta propiedad.

Figura 5. Volumen de espuma formada en ml .para varias edades del jugo

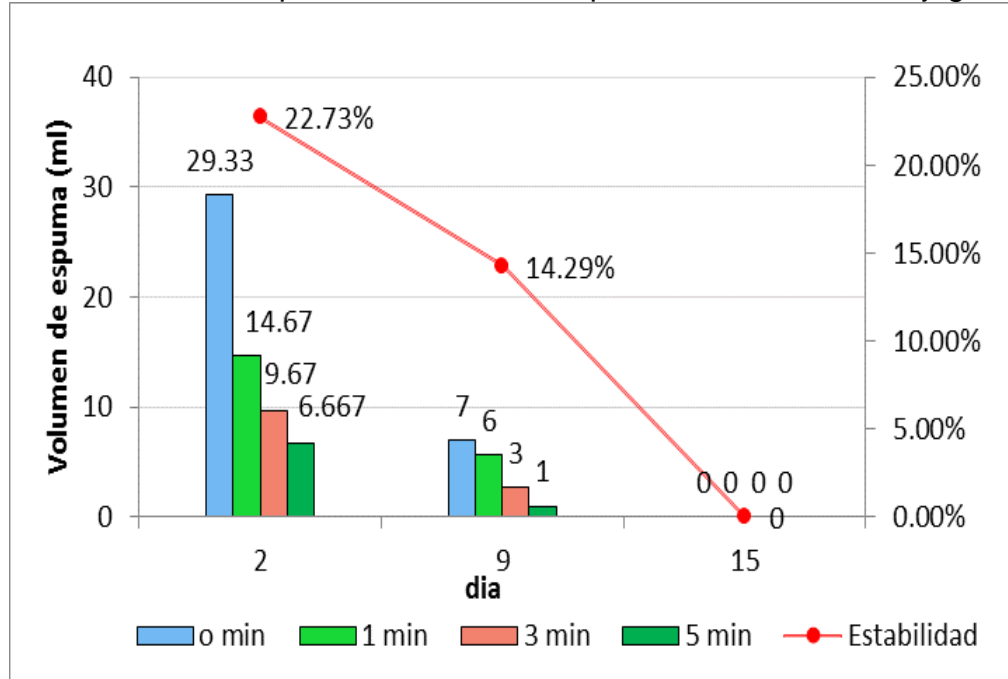


Figura 6. Variación del volumen de espuma en el tiempo de ensayo.

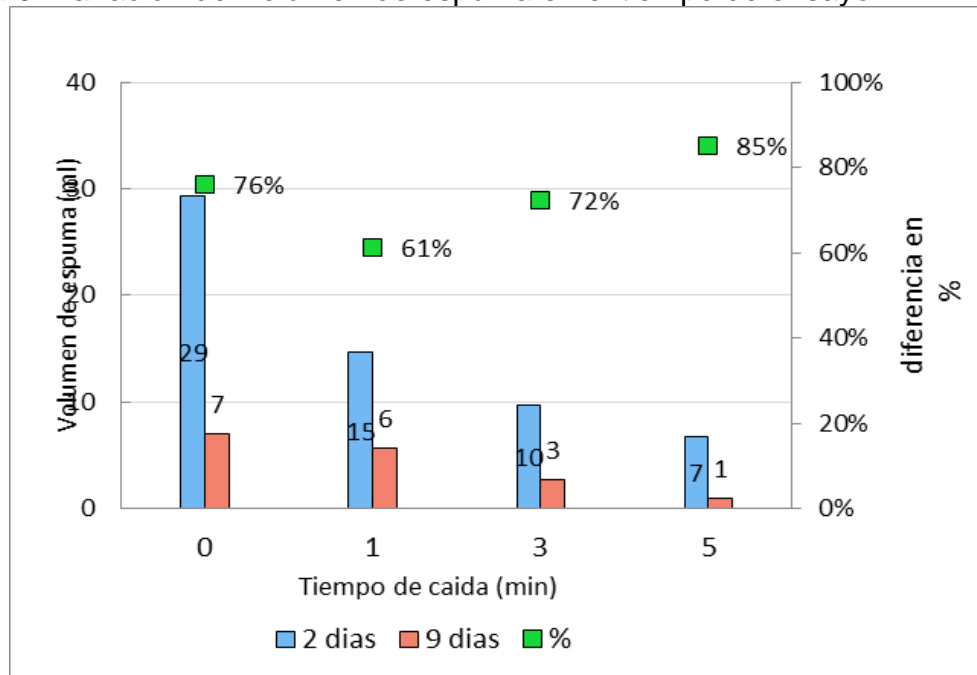
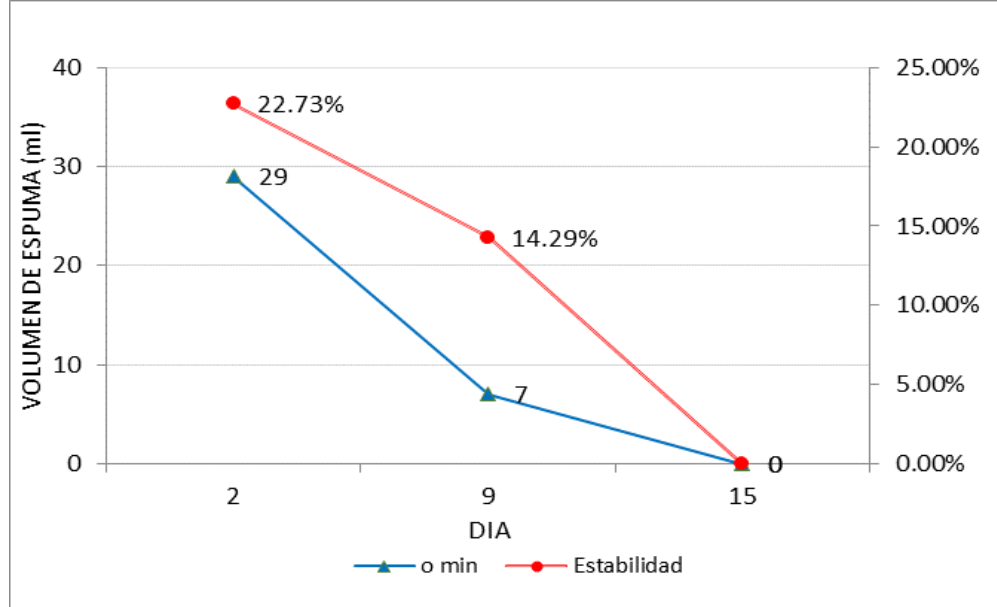


Figura 7. Volumen de espuma en el tiempo 0 y estabilidad a las diferentes edades



En la figura 5 se observa que a mayor maduración del jugo, se presenta una pérdida de la estabilidad en la formación de espuma, así como en su formación inicial, lo que podría conllevar a afectar la estructura de poros en el concreto.

El jugo entre los días dos y nueve figura 6, disminuye un 76% el volumen de espuma formada en el tiempo 0min de caída y la estabilidad espumante disminuyó de un 22.73% a un 14.29% figura 7, que se debe a la fermentación que va deteriorando las propiedades surfactantes del jugo.

2.2 VERIFICAR EL EFECTO DEL JUGO DE FIQUE COMO AGENTE PLASTIFICANTE A TRAVÉS DE AVALUACIÓN LA DE LA TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA DE CONCRETO.

La consistencia permitió determinar la trabajabilidad del hormigón. Este se obtuvo de la diferencia entre las alturas del cono de Abrams y las del cono de hormigón que se forma al ser retirado, Figura 8. Esta medida se llama asentamiento de la mezcla; y su procedimiento se establece en el numeral 2.5.

Figura 8. Ensayo de trabajabilidad cono de Abrams.



Tabla 3. Condiciones establecidas para los ensayos de Slump.

MEZCLA		% REDUCCION DE AGUA	CEMENTO (g)	GRUESO (g)	ARENA (g)	ADITIVO (g)	AGUA (g)	a/c	SLUMP (cm)
TIPO ADITIVO	%								
P	0	0	3780	6640	3500	0	1701	0.45	8
JF1	1	0	3780	6640	3500	37.8	1701	0.45	13
JF1.1	1	2.22	3780	6640	3500	37.8	1663.2	0.44	10
JF5.5	5	11.11	3780	6640	3500	189	1512	0.40	16
JF5.10	5	22.22	3780	6640	3500	189	1323	0.35	9
AC	0.18	10	3780	6640	3500	6.804	1530.9	0.41	8

P: Patrón; **JF1:** 1% de jugo sin reducir agua; **JF1.1:** 1% de jugo reduciendo 1% de agua respecto al cemento; **JF5.5:** 5% de jugo reduciendo 5% de agua respecto al cemento; **JF5.10:** 5% de jugo reduciendo 10% de agua respecto al cemento; **AC:** Aditivo Comercial.

Inicialmente se prepararon muestras adicionando el 1% de jugo de fique sin reducir la proporción de agua (JF1), dando como resultado un asentamiento mayor a los límites de 8 a 10 cm, establecidos en el diseño de mezcla patrón, con el fin de mantener este rango se disminuyó el agua en la misma proporción del jugo respecto al cemento, lo cual arrojó un asentamiento que está dentro de las condiciones deseadas. De igual manera se realizó con las mezclas que contienen 5% de jugo, pero teniendo como observación inicial que al no reducir el agua el

asentamiento no cumplirá, por lo tanto se inició con una reduciendo del 5 % de agua respecto al cemento teniendo como resultados los datos de la tabla 3.

Se realizaron pruebas con el aditivo comercial, adicionando a la mezcla un 0,18% respecto al peso del cemento, siguiendo la ficha técnica y reduciendo el agua para cumplir con el asentamiento del diseño de mezcla, y de esta forma poder realizar una comparación de la resistencia con las mezclas a las que se les adicionó el jugo de fique.

Se notó un aumento de la trabajabilidad al ser adicionado a la mezcla el jugo de fique, esto puede deberse a la cantidad de aire ocluido que genera el mezclar el jugo con el agua de amasado. Debido a la disminución de la cantidad de agua en la mezcla al ser adicionado el jugo, puede considerarse un posible aditivo plastificante.

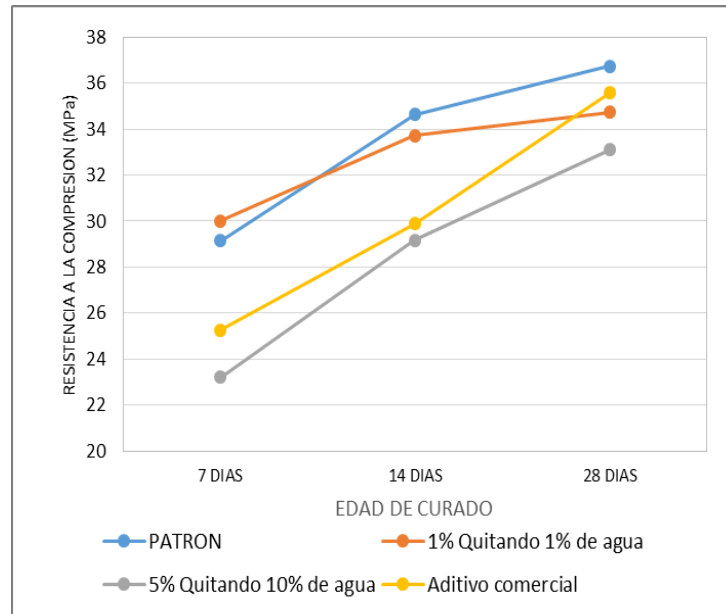
2.3 EVALUAR LA INFLUENCIA DEL JUGO DE FIQUE EN LA ABSORCIÓN Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO MODIFICADO.

2.3.1 Resistencia mecánica a la compresión. Para estas pruebas se utilizaron las muestras que cumplían con el asentamiento deseado, con el fin de saber si cumplían con la resistencia de diseño.

Es necesario tener en cuenta la cantidad de aire ocluido en el hormigón, debido a que se considera puede ser un factor que conduce a una considerable reducción de la resistencia a la compresión.

En la figura 9 se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio para las mezclas de hormigón elaboradas.

Figura 9. Resultados de resistencia a la compresión de hormigones con jugo de fique y aditivo plastificante comercial.



Se presentó una disminución de la resistencia en todas las proporciones del jugo de fique y del aditivo comercial en comparación con la muestra patrón. La resistencia de la muestra de jugo de fique del 1% tiende a disminuir en un 5.50% a los 28 días de curado comparada con la muestra patrón, mientras que las muestras con jugo de fique del 5% presentaron una mayor disminución de la resistencia de 9.91%.

Tabla 4. Resistencias promedio por mezclas respecto a los días de curado.

MUESTRA	RESISTENCIA PROMEDIO Mpa		
	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
P	29.16	34.64	36.75
JF1.1	30.00	33.73	34.73
% DRP	2.91	2.62	5.50
JF5.10	23.22	29.18	33.11
% DRP	20.37	15.77	9.91
AC	25.26	29.88	35.58
% DRP	13.4	13.7	3.2

%DRP: Porcentaje de diferencia respecto a la muestra patrón.

La muestra del aditivo comercial presenta un crecimiento lineal de la resistencia a la compresión lo que indica que tiene un crecimiento similar entre los días 0 y 14 y los días 14 y 28, mientras que las muestras dosificadas con el jugo de fique presentaron mayor aumento de resistencia en los primeros 14 días. Tabla 4.

Esta disminución en las resistencias de las muestras a las que se les adiciono jugo de fique, puede deberse a la oclusión de aire y a la presencia de azucares en el jugo [30].

2.3.2 Absorción de Agua en el Concreto Endurecido. La absorción es la capacidad que tiene un cuerpo sólido poroso de incrementar su masa, como resultado de la penetración de un líquido dentro de sus poros permeables [21].

Es necesario tener en cuenta el efecto de deterioro que genera la absorción en el concreto. En este proyecto se evaluó la variación en la capacidad de absorción que causa la utilización del jugo de fique como aditivo. Como de describió en el numeral 2.7.

Tabla 5. Determinación de la densidad y absorción de agua en el concreto.

CARACTERISTICA	Patrón	JUGO DE FIQUE		Aditivo Comercial
		1%	5%	
Absorción Después de Inmersión (%)	8.023	7.367	7.740	7.629
Absorción Después de Inmersión y Ebullición (%)	8.266	7.641	8.323	8.019
Densidad Seca Global (o bruta)	2.19	2.20	2.07	2.24
Densidad Seca Global (o bruta) Después de Inmersión	2.36	2.36	2.23	2.41
Densidad Global (o bruta) Después de Inmersión y Ebullición	2.37	2.37	2.24	2.42
Densidad Aparente	2.67	2.64	2.50	2.73
Volumen de Vacíos (Espacio de Poros Permeables), (%)	18.07	16.81	17.20	17.94

Con respecto a la muestra patrón, los especímenes de concreto a los que se les adicionó el jugo de fique, presentaron un porcentaje menor de absorción, teniendo

en cuenta que entre mayor fue la cantidad de jugo, aumento su porcentaje de absorción.

Los hormigones con jugo de fique al 1% y 5% presentaron con respecto a la muestra patrón una disminución del porcentaje de absorción del 0.656% y del 0.283% respectivamente, mostrando que a mayor cantidad de jugo, mayor absorción.

El hormigón con el 5% de jugo de fique presentó una resistencia menor que la muestra patrón, lo cual podría interpretarse que tiene una mayor porosidad, pero en la prueba de absorción es notorio que el volumen de vacíos permeables (17.2%) es menor que la muestra patrón (18.07%) por lo tanto se puede interpretar que las muestras a las que se les adicionó jugo de fique, lograron una mejor distribución de poros no permeables.

3. CONCLUSIONES

Las consideraciones tomadas en el presente trabajo hacen referencia a una muestra en particular, siguiendo diferentes normas respecto a los objetivos planteados y siguiendo parámetros establecidos.

La capacidad espumante y la estabilidad de la espuma disminuyen a medida que el jugo tiene más edad a partir de su extracción, se muestra entre los días 2 y 9 disminución del 76%, y 37% respectivamente. Notamos que debido a la utilización del jugo puro, se generan burbujas más estables.

Con las pruebas realizadas de extracto seco convencional, pérdidas por calcinación y pH, muestra que está compuesto por 93.24% de agua, 8.57% de materia orgánica y es de carácter ácido, siendo posiblemente una limitante para ser usado en concreto reforzado.

El asentamiento con 1% de jugo de fique y sin variación de la relación a/c aumentó 3cm con respecto a la muestra patrón, al disminuir en esta misma proporción la cantidad de agua presentó un asentamiento de 10cm igual a la muestra patrón, modificando la relación a/c presentando una reducción de 0.01 en comparación con la muestra patrón.

En las muestras con 5% de jugo, fue más evidente la reducción en la relación a/c, ya que fue necesario disminuir el doble de la proporción de jugo en agua para poder lograr el asentamiento del diseño de mezcla inicial.

El hormigón con 1% de jugo de fique presentó, a diferentes tiempos de curado, una resistencia similar a las obtenidas en la muestra control, y superior a las muestras con aditivo comercial.

El hormigón con 5% de jugo de fique presentó bajas resistencias, en comparación con las muestras patrón. La resistencia a los 28 días, adicionando jugo de fique al 1% y 5% disminuyeron 5.5% y 9.9% respectivamente en comparación con la muestra patrón, mostrando que su resistencia se encuentra por encima del 90%. Esto puede deberse a la presencia de azúcares en el jugo, junto con la presencia de poros en el concreto ya endurecido.

Los hormigones con jugo de fique al 1% y 5% presentaron con respecto a la muestra patrón una disminución del porcentaje de absorción del 0.656% y del

0.283% respectivamente, mostrando que a mayor cantidad de jugo, mayor absorción.

El hormigón con el 5% de jugo de fique presentó una resistencia menor que la muestra patrón, lo cual podría interpretarse que tiene una mayor porosidad, pero en la prueba de absorción es notorio que el volumen de vacíos permeables (17.2%) es menor que la muestra patrón (18.07%) por lo tanto se puede interpretar que las muestras a las que se les adicionó jugo de fique, posiblemente presentan mayor cantidad de poros pero con una mejor distribución.

CITAS

- [1] **JARAMILLO ZAPATA, Leyla**: Evaluación del jugo de fique como aditivo ocluser de aire y su influencia en la durabilidad y resistencia del concreto. Medellín, Colombia 2009. Tesis de maestría (Magister en ingeniería). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Escuela de Ingeniería.
- [2]. **JARAMILLO, Leyla; OCHOA, Juan Carlos**. Uso del jugo e fique como aditivo orgánico en el hormigón, En: Revista Scientia et Technica Año XIII, No 36, (Septiembre 2007); Universidad Tecnológica de Pereira; ISSN 0122-1701.
- [3]. **Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial**. Guía ambiental del Subsector Fiquero. Colombia: s.n., 2006. Segunda edición.
- [4]. **Construcción y Tecnología**. Los Aditivos para Concretos en Seis Pasos. Julio 2006.
- [5]. **M.M. Alonso; O. burgos-Montes; C. Vargas; F. Puertas**: Influencia de Aditivos PCE en el Comportamiento Reológico, Mecánico y Durable de Morteros de CAC. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC) Madrid-España
- [6]. **OCHOA, Juan Carlos**: Uso del licor de plantas agaváceas como aditivo en morteros y hormigones. Valencia, España 2009. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería de la Construcción y de Proyectos de Ingeniería Civil.
- [7]. **H. Y. Ghorab; I. M. Kenawi; Z. G. Abdel All**: Interacción entre cementos de diferente composición y aditivos superplastificantes. En: revista materiales de construcción. Vol. 62, 307, 359-380. Julio-Septiembre 2012.
- [8]. **CHAN, José; SOLIS, Rómel; MORENO, Eric**: Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. En: revista académica Ingeniería, Vol. 7, Núm. 2, mayo-agosto, 2003. Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- [9]. **RIVERA L., Gerardo A**. Concreto Simple. Aditivos para Morteros o Concretos. Capítulo 11, página: 231.
- [10]. **SIKA**. Información Técnica. Aditivos para concreto.
- [11]. **ASTM C39**. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- [12]. **ASTM C192**. Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory.
- [13]. **ACI-211**. Diseño de mezcla. Practica estándar para seleccionar el proporcionamiento de concreto de peso normal, pesado y masivo.
- [14]. **ASTM C31**. Concretos. Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens In The Field
- [15]. **ASTM C127**. Standard Test Method for Specific Gravity and Absortion of Coarse Aggregate
- [16]. **ASTM C128**. Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate

- [17]. **ASTM C138.** Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) Of Concrete.
- [18]. **ASTM D136.** Concretes. Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
- [19]. **ASTM C40.** Concretes. Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete
- [20]. **NTC-396.** Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto. Cóno de Abrams.
- [21]. **ASTM C642.** Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete.
- [22]. **UNE 83-200-84.** Aditivos para Hormigones, Morteros y Pastas: Clasificación y Definición.
- [23]. **ASTM C29M.** Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregates.
- [24]. **ASTM C188.** Civil Engineering And Architecture. Cements. Standard Test Method for Density Of Hydraulic Cement.
- [25]. **UNE-EN-480-8.** Aditivos Para Hormigones, Morteros Y Pastas. Métodos de Ensayo. Parte 8: Determinación del Extracto Seco Convencional 1997.
- [26]. **UNE-83-207.** Aditivos para Hormigones, Morteros y Pastas. Determinación de la Perdida por Calcinación a $1050\pm 25^{\circ}\text{C}$, 1985.
- [27]. **ASTM D1173-07.** Standard Test Method for Foaming Properties of Surface-Active Agents.
- [28]. **ASTM E70-97.** Standard test method for pH of aqueous solutions with the glass electrode.
- [29]. **ASTM C494.** Concretes. Standard specification for chemical admixtures for concrete.
- [30]. **CARRASCO, Ma Fernanda:** Tecnología de Hormigón. Unidad 4. Agua para Morteros y Hormigones.

BIBLIOGRAFIA

CHAN, José; SOLIS, Rómel; MORENO, Eric. Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. En: Revista Académica Ingeniería, mayo-agosto, 2003. Vol. 7, Núm. 2,

JARAMILLO, Leyla; OCHOA, Juan Carlos. Uso del jugo e fique como aditivo orgánico en el hormigón, En: Revista Scientia et Technica. Septiembre 2007. Vol. 13, No 36.

OCHOA, Juan Carlos: Uso del licor de plantas agaváceas como aditivo en morteros y hormigones. Tesis Doctoral. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería de la Construcción y de Proyectos de Ingeniería Civil, 2009

ANEXOS

ANEXO A. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

A.1 CARACTERIZACION DE AGREGADOS

Los agregados son el mayor constituyente del concreto. se determinaron las siguientes propiedades a los agregados finos y gruesos.

- Gravedad especifica
- Peso unitario
- Porcentaje de absorción
- Porcentaje de vacíos

AGREGADO GRUESO

PROCEDENCIA: Cantera del rio Chicamocha

MATERIAL: Grava

GRAVEDADES ESPECIFICA			
A	PESO DE LA MUESTRA EN CONDICION S.S.S., EN EL AIRE	5000	Gramos
Pa=	PESO DE LA CANASTA, SUMERGIDA EN AGUA	1810	Gramos
Pb=	PESO DE LA CANASTA+MUESTRA S.S.S., SUMERGIDA EN EL AGUA	4895	Gramos
B=	PESO DE LA MUESTRA EN AGUA= Pb-Pa.	3085	Gramos
C=	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO, EN EL AIRE	4931	Gramos
GRAVEDAD ESPECIFICA REAL		$C/(C-B)$	2,671
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE		$C/(A-B)$	2,575
D=	GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE S.S.S	$A/(A-B)$	2,611
PESO UNITARIO			
P1=	PESO DEL MEDIDOR + VIDRIO	3046	Gramos
P2=	PESO DEL MEDIDOR + VIDRIO + AGUA	5870	Gramos
V=	VOLUMEN DEL MEDIDOR= (P2-P1)/1000	2,824	dcm ³
Pm=	PESO DEL MEDIDOR VACIO	2558	Gramos
Pc=	PESO DEL MEDIDOR + MATERIAL S.S.S, COMPACTADO	7020	Gramos
Ps=	PESO DEL MEDIDOR + MATERIAL S.S.S, SUELTO	6587	Gramos
E=	PESO UNITARIO DEL AGREGADO S.S.S. COMPACTADO	$(Pc - Pm)/V$	1580,028
PESO UNITARIO DEL AGREGADO S.S.S. SUELTO		$(Ps - Pm)/V$	1426,700
ABSORCION EN %		$((A-C)*100)/C$	1,399
PORCENTAJE DE VACIOS		$(D*1000-E)/(D*10)$	39,485

AGREGADO FINO

PROCEDENCIA: Cantera de Bocas

MATERIAL: Arena

GRAVEDADES ESPECIFICA			
A=	PESO DEL FRASCO + AGUA HASTA LA MARCA , EN EL AIRE	653,1	GRAMOS
B=	PESO DE LA MUESTRA EN CONDICION S.S.S. EN EL AIRE	500	GRAMOS
C=	PESO DE LA MUESTRA. FRASCO Y AGUA AGREGADA HASTA LA MARCA, EN EL AIRE	958,5	GRAMOS
D=	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	489,1	GRAMOS

GRAVEDAD ESPECIFICA REAL		$D/(A-C+D)$	2,662	ADIMENSIONAL
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE		$D/(A+B-C)$	2,513	ADIMENSIONAL
E=	GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE S.S.S	$B/(A+B-C)$	2,569	ADIMENSIONAL

PESO UNITARIO

P1=	PESO DEL MEDIDOR + VIDRIO	3046	GRAMOS
P2=	PESO DEL MEDIDOR + VIDRIO + AGUA	5870	GRAMOS
V=	VOLUMEN DEL MEDIDOR	$(P2-P1)/1000$	2,824 dcm ³
Pm=	PESO DEL MEDIDOR VACIO	2558	GRAMOS
Pc=	PESO DEL MEDIDOR + MATERIAL S.S.S COMPACTADO	6772,3	GRAMOS
Ps=	PESO DEL MEDIDOR + MATERIAL S.S.S SUELTO	6101,7	GRAMOS
F=	PESO UNITARIO DEL AGREGADO S.S.S. COMPACTADO	$(Pc-Pm)/V$	1492,32 Ka/m ³
PESO UNITARIO DEL AGREGADO S.S.S. SUELTO		$(Ps-Pm)/V$	1254,85 Ka/m ³

% DE ABSORCION		$((B-D)*100)/D$	2,23	%
% DE VACIOS		$(E*1000-F)/(E*10)$	41,92	%

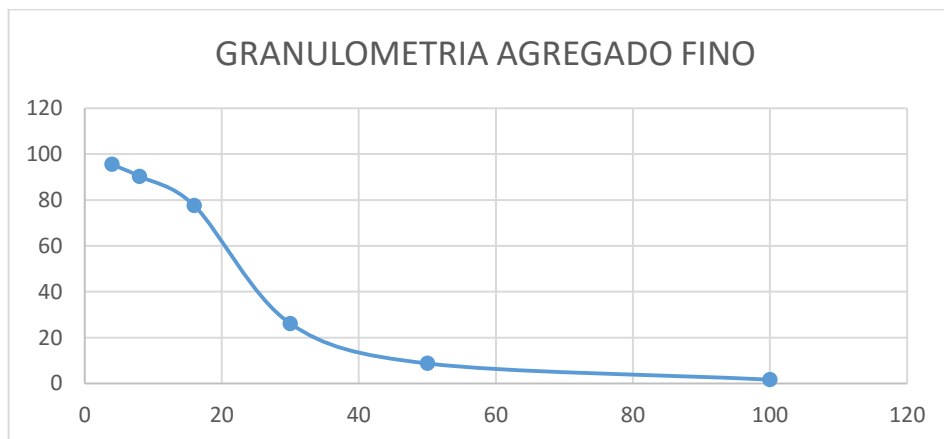
A.2 GRANULOMETRIA

La granulometría es la composición en porcentaje, de los diversos tamaños de agregado en una muestra. Esta proporción se suele indicar, de mayor a menos

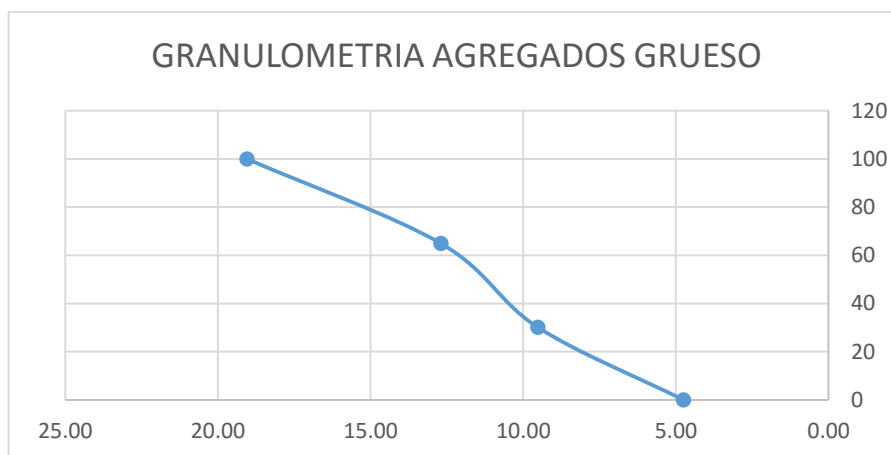
tamaño, por una cifra que representa, en peso, el porcentaje parcial década tamaño que pasó o quedo retenido en los diferentes tamices que se usaron obligatoriamente para tal medición.

La operación de tamizado, debe ejecutarse de acuerdo a la norma NTC 77 y ASTM c136 en la cual se describe el tamaño de la muestra que se ensayó y los procedimientos adecuados para la realización de los análisis

GRANULOMETRIA AGREGADOS FINOS				
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	44,99	4,499	4,499	95,501
8	52,3	5,23	9,729	90,271
16	127,5	12,75	22,479	77,521
30	514	51,4	73,879	26,121
50	174	17,4	91,279	8,721
100	70,7	7,07	98,349	1,651
FONDO	15,5	1,55	99,899	0,101
TOTAL	998,99	99,899		



GRANULOMETRIA AGREGADOS GRUESO				
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3/4	0	0	0	100
1/2	2455	35,0714286	35,07142857	64,93
3/8	2438	34,8285714	69,9	30,1
4	2107	30,1	100	0
TOTAL	7000			



A.3 DENSIDAD DEL CEMENTO


DENSIDAD DEL CEMENTO HIDRAULICO (ARGOS T-1)		
Peso de la muestra de cemento (MC)	64	g
Volumen inicial (Vo)	0,8	ml
Volumen final (Vf)	22	ml
Volumen (VD=Vf-Vo)	21,2	ml
Peso especifico	3,02	g/ml

MEDIDA DE VOLUMEN EN EL FRASCO DE LE CHATELIER	
t(min)	V (ml)
0	0,8
3	0,8
6	0,8
9	0,8

MEDIDA DE VOLUMEN CON EL CEMENTO	
t(min)	V (ml)
0	22
3	22
6	22
9	22

A.4 CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA PROMEDIO MENSUAL DEL AGUA TRATADA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Las impurezas pueden interferir con el fraguado del cemento, afectando adversamente la resistencia del concreto o causar manchas en su superficie provocando además la corrosión de los aceros de refuerzo. Con el objetivo de evaluar la calidad del agua para la producción del concreto, se consultó su contenido fisicoquímico del acueducto metropolitano de Bucaramanga

No Aplica	CALIDAD FISCOQUIMICA Y MICROBIOLOGICA PROMEDIO MENSUAL DEL AGUA TRATADA RED DE DISTRIBUCION	
FCC 507-2008 Rev.:1		
LABORATORIO DE CONTROL CALIDAD AGUAS		
MUNICIPIO:	EUCARAMANGA	AÑO:
		2015

PARAMETROS	Parámetros Físicoquímicos														Parámetros Microbiológicos						
	MES	No. Muestras Físicoquímicas	Cloro residual mg Cl ₂ /L	Turbiedad UNT	Color Aparente Unidades Pt-Co	pH Unidades de pH	Conductividad µS/cm	Olor 0: Aceptable 1: No Aceptable	Sabor 0: Aceptable 1: No Aceptable	Aluminio mg AVL	Alcalinidad mg CaCO ₃ /L	Dureza mg CaCO ₃ /L	Cloruros mg Cl/L	Sulfatos mg SO ₄ /L	Hierro mg Fe/L	Nitratos mg NO ₃ /L	Nitritos mg NO ₂ /L	No.de Muestras Microbiológicas	Recuento heterótrofo en placa UFC/100ml	Coliformes Totales UFC/100ml	E. coli UFC/100ml
Enero	90	0,80	0,70	3,2	7,59	179	0	0	0,04	59,7	75,5	3,8	24,0	<0,12	0,9	<0,008	180	33	0	0	0,27
Febrero	84	0,91	0,99	4,3	7,31	171	0	0	0,06	50,8	67,1	3,1	23,5	<0,12	0,9	<0,008	168	39	0	0	0,73
Marzo	83	0,84	1,18	6,4	7,33	172	0	0	0,06	55,3	74,4	4,0	26,6	<0,12	0,7	<0,008	188	47	0	0	0,98
Abril	87	0,92	1,34	6,1	7,19	137	0	0	0,09	39,5	69,8	3,4	19,8	<0,12	0,9	<0,008	174	15	0	0	0,81
Mayo	98	0,81	1,07	3,8	7,46	145	0	0	0,06	53,2	65,3	3,2	20,9	<0,12	0,6	<0,008	186	27	0	0	0,29
Junio	99	0,96	1,00	4,0	7,29	154	0	0	0,05	50,4	62,5	2,8	18,3	<0,12	0,8	<0,008	180	41	0	0	0,89
Julio	114	1,00	0,85	3,4	7,41	167	0	0	0,05	57,4	69,8	3,7	20,8	<0,12	0,7	<0,008	186	32	0	0	0,19
Agosto	101	0,99	0,69	3,0	7,40	184	0	0	0,04	56,8	77,1	4,7	25,7	<0,12	0,1	<0,008	188	56	0	0	0,00
Septiembre	90	1,00	0,75	4,8	7,37	206	0	1	<0,04	59,4	83,5	6,2	32,1	<0,12	0,7	<0,008	180	29	0	0	0,27
Octubre	101	0,91	0,88	5,2	7,24	188	0	1	0,06	56,1	78,7	5,6	30,3	<0,12	0,8	<0,008	186	56	0	0	0,50
Noviembre	95	0,89	1,03	6,0	7,11	167	0	0	0,07	48,2	72,0	3,2	24,9	<0,12	0,9	<0,008	180	95	0	0	0,79
Diciembre	92	0,94	0,89	5,4	7,30	177	0	0	0,05	59,4	79,5	3,9	24,1	<0,12	0,7	<0,008	180	21	0	0	0,88
PROMEDIO	95	0,94	0,95	4,6	7,33	171	0	0	0,06	54,0	72,0	4,0	24,3	<0,12	0,7	<0,008	181	38	0	0	0,53

Convenios: mg/L miligramos por litro. UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad. Unidades Pt-Co: Unidades de Platino Cobalto. IRCA: Índice de Riesgo de Calidad del Agua. < El IRCA promedio, determinado en este periodo con los parámetros ensayados y establecidos en la Resolución 2115 de 2007, clasifica el agua "sin riesgo" y "apta para el consumo humano"



AGENCIACIÓN
ISO/IEC 17025:2005
11-LA-031

Revisó y Aprobó:

UNIEL SALOMON BARRIGAN CARDOZO
Jefe Lab. Control Calidad Aguas (e)
Químico Mat. Prof. PC-1657

ANEXO B. DISEÑO DE MEZCLA

B1. CONCRETO PATRON

DATOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA METODO ACI 211				
		UNID		UNID
RESISTENCIA A LSO 28 DIAS	285.52	PSI	28	Mpa
DENSIDAD DE CEMENTO	3020	kg/m3		

AGREGADO GRUESO	TAMAÑO MAXIMO	19.05	mm	3/4	Pulg
	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	20	mm		
	MASA UNITARIA COMPACTADA	1580.02	Kg/m3		
	MASA UNITARIA SUELTA	1426.699	Kg/m3		
	DENSIDAD APARENTE	2610	kg/m3		
	ABSORCIÓN	1.39	%	0.0139	
	TEXTURA	Rugosa y redondeada			

AGREGADO FINO	MODULO DE FINURA	3			
	MASA UNITARIA COMPACTADA	1492.31	Kg/m3		
	MASA UNITARIA SUELTA	1254.85	Kg/m3		
	DENSIDAD APARENTE	2564.4	Kg/m3		
	ABSORCIÓN	2.228	%	0.02228	
	PROCENTAJE DE ARCILLA	0	%	0	
	ENSAYO DE COLIMETRIA	0	-		

ASENTAMIENTO	8 – 10	cm		
CONTENIDO DE AIRE	2	%	0.02	
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO	243	Kg/m3		
RELACION a/c	0.45	Adm		
CONTENIDO DE CEMENTO	540	Kg/m3		
VOLUMEN DE CEMENTO POR m3 DE CONCRETO	0.147	m3/m3		
CONTENIDO DE GRAVA , CONOCIENDO EL MODULO DE FINURA Y TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	948.12	Kg/m3		
VOLUMEN GRAVA POR m3	0.363	m3/m3		
CONTENIDO DE AGREGADO FINO	500.1	Kg/m3		
VOLUMEN DE AGREGADO FINO	0.27	m3/m3		

PESO DE LOS MATERIALES POR METRO CUBICO			
DESCRIPCIÓN	DENSIDAD	PESO	VOLUMEN
CEMENTO	3020 Kg/m3	540 kg	0.147
AIRE	0	0	0.02
AGUA	1000 Kg/m3	243	0.2
GRAVA	1580.02 Kg/m3	948.12	0.363
ARENA	2564.4 Kg/m3	500.1	0.27
	TOTAL		1

ANEXO C. MEMORIAS ENSAYO DE CONTENIDO DE ESPUMA

EDAD DEL JUGO 2 DIAS

Ensayo 1			
Tiempo de caída		43 [segundos]	
Tiempo de medición [min]	Altura del jugo[ml]	Altura de espuma [ml]	Volumen de espuma [ml]
0	132	170	38
1	134	148	14
3	136	144	8
5	136	142	6
Estabilidad de espuma			15,79%

Ensayo 2			
Tiempo de caída		50 [segundos]	
Tiempo de medición [min]	Altura del jugo[ml]	Altura de espuma [ml]	Volumen de espuma [ml]
0	144	168	24
1	148	160	12
3	148	156	8
5	148	154	6
Estabilidad de espuma			25,00%

Ensayo 3			
Tiempo de caída		52 [segundos]	
Tiempo de medición [min]	Altura del jugo[ml]	Altura de espuma [ml]	Volumen de espuma [ml]
0	144	170	26
1	146	164	18
3	147	160	13
5	148	156	8
Estabilidad de espuma			30,77%

EDAD DEL JUGO 9 DIAS**Ensayo 1**

Tiempo de caída		43 [segundos]	
Tiempo de medición [min]	Altura del jugo[ml]	Altura de espuma [ml]	Volumen de espuma [ml]
0	146	154	8
1	147	153	6
3	148	151	3
5	149	150	1
Estabilidad de espuma			12,50%

Ensayo 2

Tiempo de caída		49 [segundos]	
Tiempo de medición [min]	Altura del jugo[ml]	Altura de espuma [ml]	Volumen de espuma [ml]
0	147	153	6
1	147	152	5
3	148	151	3
5	149	150	1
Estabilidad de espuma			16,67%

Ensayo 3

Tiempo de caída		51 [segundos]	
Tiempo de medición [min]	Altura del jugo[ml]	Altura de espuma [ml]	Volumen de espuma [ml]
0	146	153	7
1	147	153	6
3	149	151	2
5	149	150	1
Estabilidad de espuma			14,29%

ANEXO D. MEMORIAS DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

IDENTIFICACION	FECHA DE FUNDICION			FECHA DE RUPTURA			EDAD MUESTRA	RESISTENCIA ULTIMA	RESISTENCIA ULTIMA	ESFUERZO	ULTIMO	RESISTENCIA ULTIMA PROMEDIO	RESISTENCIA
	AÑO	MES	DIA	AÑO	MES	DIA	DIAS	KN	Kgf	Kg/cm2	PSI	psi	Mpa
PATRON 1	2015	XI	19	2015	XI	26	7	225,5	23001	292,894	4184,21	4165,0	29,16
PATRON 2	2015	XI	19	2015	XI	26	7	227,7	23225,4	295,752	4225,03		
PATRON 3	2015	XI	19	2015	XI	26	7	220,2	22460,4	286,010	4085,86		
1% QUITANDO 1% DE AGUA 1	2015	XI	19	2015	XI	26	7	233,9	23857,8	303,805	4340,07	4286,3	30,00
1% QUITANDO 1% DE AGUA 2	2015	XI	19	2015	XI	26	7	231,6	23623,2	300,818	4297,39		
1% QUITANDO 1% DE AGUA 3	2015	XI	19	2015	XI	26	7	227,5	23205	295,492	4221,32		
5% QUITANDO 10% DE AGUA 1	2015	XI	21	2015	XI	28	7	175,9	17941,8	228,471	3263,87	3316,4	23,22
5% QUITANDO 10% DE AGUA 2	2015	XI	21	2015	XI	28	7	183,1	18676,2	237,822	3397,46		
5% QUITANDO 10% DE AGUA 3	2015	XI	21	2015	XI	28	7	177,2	18074,4	230,159	3287,99		
ADITIVO COMERCIAL 1	2015	XI	21	2015	XI	28	7	172,7	17615,4	224,314	3204,49	3608,4	25,26
ADITIVO COMERCIAL 2	2015	XI	21	2015	XI	28	7	205,2	20930,4	266,527	3807,53		
ADITIVO COMERCIAL 3	2015	XI	21	2015	XI	28	7	205,5	20961	266,917	3813,10		

RESISTENCIAS A LOS 14 DIAS DE CURADO

IDENTIFICACION	FECHA DE FUNDICION			FECHA DE RUPTURA			EDAD MUESTR A	RESISTENCI A ULTIMA	RESISTENCI A ULTIMA	ESFUERZ O	ULTIM O	RESISTENCIA ULTIMA PROMEDIO	RESISTENCI A
	AÑO	ME S	DI A	AÑO	ME S	DI A	DIAS	KN	Kgf	Kg/cm2	PSI	PSI	Mpa
PATRON 1	2015	XI	19	2015	XII	3	14	271,3	27672,6	352,383	5034,04	4948,68	34,64
PATRON 2	2015	XI	19	2015	XII	3	14	264,3	26958,6	343,290	4904,15		
PATRON 3	2015	XI	19	2015	XII	3	14	264,5	26979	343,550	4907,86		
1% QUITANDO 1% DE AGUA 1	2015	XI	19	2015	XII	3	14	284,8	29049,6	369,917	5284,53	4818,80	33,73
1% QUITANDO 1% DE AGUA 2	2015	XI	19	2015	XII	3	14	231,7	23633,4	300,947	4299,25		
1% QUITANDO 1% DE AGUA 3	2015	XI	19	2015	XII	3	14	262,6	26785,2	341,082	4872,61		
5% QUITANDO 10% DE AGUA 1	2015	XI	21	2015	XII	5	14	237,7	24245,4	308,741	4410,58	4168,13	29,18
5% QUITANDO 10% DE AGUA 2	2015	XI	21	2015	XII	5	14	210	21420	272,762	3896,60		
5% QUITANDO 10% DE AGUA 3	2015	XI	21	2015	XII	5	14	226,2	23072,4	293,804	4197,19		
ADITIVO COMERCIAL 1	2015	XI	21	2015	XII	5	14	235,6	24031,2	306,013	4371,61	4268,32	29,88
ADITIVO COMERCIAL 2	2015	XI	21	2015	XII	5	14	217	22134	281,854	4026,49		
ADITIVO COMERCIAL 3	2015	XI	21	2015	XII	5	14	237,5	24225	308,481	4406,87		

RESISITENCIAS A LOS 28 DIAS DE CURADO

IDENTIFICACION	FECHA DE FUNDICION			FECHA DE RUPTURA			EDAD MUESTR A	RESISTENCI A ULTIMA	RESISTENCI A ULTIMA	ESFUERZ O	ULTIM O	RESISTENCIA ULTIMA PROMEDIO	RESISTENCI A
	AÑO	ME S	DI A	AÑO	ME S	DI A	DIAS	KN	Kgf	Kg/cm2	PSI	PSI	Mpa
PATRON 1	2015	XI	19	2015	XII	17	28	250,8	25581,6	325,756	4653,65	5249,90	36,75
PATRON 2	2015	XI	19	2015	XII	17	28	304,4	31048,8	395,375	5648,21		
PATRON 3	2015	XI	19	2015	XII	17	28	293,6	29947,2	381,347	5447,82		
1% QUITANDO 1% DE AGUA 1	2015	XI	19	2015	XII	17	28	262,9	26815,8	341,472	4878,17	4961,05	34,73
1% QUITANDO 1% DE AGUA 2	2015	XI	19	2015	XII	17	28	285,5	29121	370,826	5297,52		
1% QUITANDO 1% DE AGUA 3	2015	XI	19	2015	XII	17	28	253,7	25877,4	329,522	4707,46		
5% QUITANDO 10% DE AGUA 1	2015	XI	21	2015	XII	19	28	259,1	26428,2	336,536	4807,66	4729,73	33,11
5% QUITANDO 10% DE AGUA 2	2015	XI	21	2015	XII	19	28	253	25806	328,613	4694,48		
5% QUITANDO 10% DE AGUA 3	2015	XI	21	2015	XII	19	28	252,6	25765,2	328,094	4687,05		
ADITIVO COMERCIAL 1	2015	XI	21	2015	XII	19	28	279,8	28539,6	363,423	5191,76	5082,28	35,58
ADITIVO COMERCIAL 2	2015	XI	21	2015	XII	19	28	270,6	27601,2	351,473	5021,05		
ADITIVO COMERCIAL 3	2015	XI	21	2015	XII	19	28	271,3	27672,6	352,383	5034,04		

