



FALCUTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERA CIVIL

**CARACTERIZAR LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE CONCRETO FLUIDO
DE RESISTENCIA CONTROLADA DESARROLLADO CON PIEDRA PICADA Y
FINO DE ORIGEN SILICEO.**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR

GUILARTE PEDRO

REQUENA BRAYHANN

PROFESOR GUIA

ING. GUILLERMO BONILLA

FECHA

JUNIO 2017

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

DEDICATORIA

A mis padres; Pedro y Adriana, por su apoyo incondicional,
Por motivarme cada día, por creer en mí y que gracias
A sus esfuerzos han hecho posible este logro.

A mis hermanos Arianis y Jesús, que siempre he tratado de
Ser el mejor ejemplo para ustedes y cuidarlos.

Brayhann Requena Gutiérrez

A mis padres; Kisbeth y Pedro, quienes me han dado mucho más que la vida,
Por su apoyo incondicional, por el cual he llegado a ser quien soy.

A mi amada esposa, Giuliana, por ser la luz y la felicidad en mi vida.

A mi familia, quienes son una bendición.

Pedro Luis Guilarte

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darnos salud y vida para llegar a cumplir nuestras metas.

A la Universidad Católica Andrés Bello por ser nuestra casa de estudio, por su excelencia y por todas las enseñanzas tanto profesional, ética y personal que nos ha dejado estos años de carrera.

A todas las personas del Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad; Ingeniero Guillermo Bonilla e Ingeniero Yelitza Parra. Al personal de beca trabajo que siempre estuvo en la disposición de ayudarnos, en especial a Willy.

A todos los profesores que fueron parte del aprendizaje durante nuestra carrera universitaria y ayudarnos a formarnos como profesionales.

A nuestras compañeras y amigas tesistas del laboratorio Génesis Valles e Isabel Zabala, que siempre estuvimos juntos en todo este proceso, gracias por su apoyo incondicional y compañía en todo el proceso momento.

A nuestros familiares, papá, mamá, que han estado presentes en todo el proceso de ascenso durante la carrera y ejecución del trabajo de grado, ustedes nos han servido de guía, apoyo y ayuda para lograr esta meta.

A todos los amigos, los que se quedaron y los que se fueron porque gracias a las largas horas de estudios y esfuerzos aquí estamos, en especial a nuestras amigas Andreina Pernía, Viviana Palmett y Karina Martínez por ser nuestras compañeras de tramos todo este tiempo, con el apoyo mutuo lo logramos.

A todos ustedes, gracias

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

INDICE GENERAL

CAPITULO I	1
I EL PROBLEMA	1
I.1 Planteamiento del Problema	1
I.2 Antecedentes de la investigación	2
I.3 Interrogantes del estudio	4
I.4 Alcance y limitaciones	4
I.5 Objetivos de la Investigación	5
Objetivo General:	5
Objetivos Específicos	5
CAPITULO II	6
MARCO TEORICO	6
II.1.1 Principales características de la Arena Sílice, Fuente (Research Council of Albert)....	7
II.2 Concreto autocompactable	7
II.2.2 Características fundamentales que deben definir un concreto autocompactable:.....	8
II.2.3 Ventajas de un concreto autocompactable:.....	8
II.2.4 Aplicaciones del concreto autocompactable:.....	9
II.3 Comportamiento Reológico.....	9
II.4 Concreto Autocompactable en estado Fresco.....	10
II.5 Características reológicas del concreto fluido	11
II.5.1 Capacidad de llenado	11
II.5.2 Capacidad de paso	11
II.6 Ensayo Extensibilidad del flujo	13
II.7 Ensayo Anillo Japonés	14
II.8 Ensayo Caja L.....	15
II.9 Ensayo K-Slump.....	16
II.10 Comportamiento Esfuerzo-Deformación	17
CAPITULO III.....	18
MARCO METODOLOGICO.....	18

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.1 Naturaleza de la investigación	18
III.2 Población y Muestra.....	18
III.3 Recolección de Datos	19
III.4 Equipos sin aplicación de carga.	19
III.5 Equipos de aplicación de carga.	20
III.6 Accesorios empleados:.....	20
III.7 Manejo de variables	20
GRUPO 1.....	20
GRUPO 2.....	20
III.7.1 Variable Independiente.....	20
III.7.2 Variables Dependientes	21
III.8 Diseño experimental.....	21
III.9 Materiales Utilizados Propiedades y Características	23
III.9.1 Concreto Fluido.....	23
III.9.1.1 Características del agregado grueso	23
III.9.1.2 Características del agregado fino.....	23
II.9.1.2.1 Arena Natural.....	23
III.9.1.2.2 Arena silícea	24
III.9.1.3 Características del cemento	24
III.9.1.4 Aditivo	25
III.10 Fases de la ejecución.....	25
III.10.1 Documentación y Planificación.....	26
III.10.2 Elaboración de equipos.....	26
III.10.2.1 Descripción realización de la Caja L.....	26
III.10.3 Características de los equipos.....	27
III.10.4 Preparación de los materiales.	30
III.10.5 Preparación de la Mezcla y evaluación del concreto en estado fresco.....	34
III.10.6 Evaluación de la mezcla en estado endurecido.	40
III.10.6 Análisis de la relación Agua Cemento y Variación de Volumen	42

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

CAPITULO IV	44
IV.1 Gráficas y resultados de los ensayos del concreto en estado Fresco.	44
IV.1.1 Grupo 1 Variación de Sílice.	45
IV.1.2 Grupo 2 Variación de Cemento.....	51
IV. 3 Comparación entre los resultados obtenidos y los parámetros establecidos por la norma (EFNARC Especificaciones y directrices para el Hormigón autocompactable – HAC febrero 2002).....	58
IV.2 Gráficas y resultados de los ensayos del concreto en endurecido	59
IV.2.1 Esfuerzo – deformación. Grupo 1	59
IV.2.2 Esfuerzo – deformación. Grupo 2	60
IV.2.3 Esfuerzo de todos los ensayos.	61
CAPITULO V	62
Conclusiones	62
VI) Recomendaciones	65
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS.	68

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II-1: Comportamiento de los fluidos en relación a sus propiedades reológicas.	10
Figura II-2: Ensayo Extensibilidad del flujo.....	13
Figura II-3: Anillo Japonés.	14
Figura II-4: Caja L.	15
Figura II-5: Componentes del K-SLUMP.	16
Figura: II-6: Esfuerzo-Deformación.	17
Figura III-1: Desarrollo de resistencias a la compresión del cemento CPCA2.	24
Figura III-2: Fases de la ejecución.....	25
Figura III-3: Vista lateral del anillo japonés.....	27
Figura III-3.1: Vista desde arriba del anillo japonés y detalles de barras utilizadas. ...	27
Figura III-4: Medidas de la Caja L.	28
Figura III-5: Equipos preparados para el inicio de los vaciados.....	29
Figura III-6: Curva Granulométrica de la Arena natural.	31
Figura III-7: Curva Granulométrica de la arena silícea.	32
Figura III-8: Curva Granulométrica del agregado Grueso.....	33
Figura III-9: Materiales para la mezcla de concreto Fluido.....	34
Figura III-10: Esquema del proceso de medición del concreto en estado Fresco.....	34
Figura III-11: Ensayo Medición de K Slump.	36
Figura III-12: Ensayo Extensión del flujo.	37
Figura III-13: Ensayo Anillo Japonés.....	38
Figura III-14: Ensayo caja L.	39
Figura III-15: Instalación del equipo para sujetar el medidor de dial.....	41
Figura III-16: Muestra a ensayar Colocada en la prensa Unival.	41
Figura III-17: Ensayo a compresión.	42
Figura IV-1: Gráfica, Diámetro - Arena Sílice de los ensayos Anillo Japonés y Cono Invertido.....	45

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

Figura IV-2: Gráfica, Tiempo - Arena Sílice de los ensayos Cono Invertido y Anillo Japonés.....	46
Figura IV-3: Gráfica, Tiempo - Arena Sílice del ensayo Caja L.	47
Figura IV-4: Gráfica, Δ Tiempo - Arena Sílice del ensayo Caja L.	48
Figura IV-5: Gráfica, Mediciones Ensayo K Slump - Variación de la Arena Sílice.	49
Figura IV-6: Gráfica – Tiempo vs Diámetro, Ensayos Cono Invertido y Anillo Japonés.	50
Figura IV-7: Gráfica, Diámetro - Variación de Cemento para los Ensayos Cono Invertido y Anillo Japonés.	51
Figura IV-8: Grafica, Tiempo vs Variación de cemento para 10 kg de arena sílice. ...	52
Figura IV-9: Gráfica, Tiempo - Variación de Cemento, Ensayo Caja L.	53
Figura IV-10: Grafica, Mediciones Ensayo K Slump - Variación de Cemento.	54
Figura IV-11: Relación Agua cemento vs variación de cemento (kg/m^3).	55
Figura IV-12: Diámetro – relación agua Cemento.	56
Figura IV-13: Grafica Tiempo – Relación agua cemento.....	57
Figura IV-14: Grafica Tiempo – Relación agua cemento.....	59
Figura IV-15: Grafica Tiempo – Relación agua cemento.....	60

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II-1: Características que mide cada uno de los ensayos que se utilizó.	11
Tabla II-2: Criterios de Aceptación para el concreto Autocompactable.	12
Tabla III-1: Identificación de cada muestra estudiada.	19
Tabla III-2: Diseño de mezcla Grupo 1 variación de la Arena silícea.	22
Tabla III-3: Diseño de mezcla Grupo 2 variación de cemento.	22
Tabla IV-1: Arena Sílice y Cemento en kg/m ³	44
Tabla IV-2: Comparación entre los resultados obtenidos y los parámetros establecidos por EFNARC 2002.	58

SINOPSIS

El concreto autocompactable es ideal para rellenos de difícil acceso en el que se tengan formas complejas y por lo tanto sea complicado obtener la fluidez y adecuada consolidación del mismo, pero estas no son sus únicas ventajas; Gracias a su fácil trabajabilidad y fácil operación en obra (ya que no necesita vibración) también es usado hoy en día para la realización de trabajos de pisos, losas reforzadas, elementos modulares, vigas y otros miembros pretensados, muros densamente armados en viviendas, edificios, estanques, además de revestimiento de túneles.

La diferencia entre un concreto fluido y un concreto convencional, es el comportamiento reológico que se genera gracias a la relación beta (β) con un tamaño máximo de agregado grueso menor a $\frac{3}{4}$ de pulgada y el uso de aditivos superfluidificantes. (Omar Javier Silva, 2008)

Este trabajo especial de Grado plantea caracterizar las propiedades reológicas del concreto fluido de resistencia controlada, desarrollado con piedra picada, arena natural lavada y fino de origen silíceo evaluado con base al comportamiento reológico.

Para la evaluación de las características del concreto fluido fue necesario fabricar dos equipos; el primero de ellos el anillo japonés, el cual permite simular el bloqueo que se puede presentar en una armadura y así medir fluidez y autocompactación. El segundo la caja L; el cual evalúa igualmente el lapso de fluidez y que gracias a sus elementos que simulan el bloqueo en obra se puede determinar la capacidad de paso del concreto evaluado. Estos métodos se han usado en diferentes ensayos para determinar las propiedades plásticas del concreto fluido. Los resultados se comparan con la medición del k-slump. Y por último se medirá el radio de dispersión del concreto fluido a través del método de cono invertido.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

En este sentido para los ensayos mencionados se varió la cantidad de arena sílice aumentando su cantidad en cada prueba.

La arena de origen silíceo tiene diferentes ventajas en el uso del concreto, entre ellas se tiene el aumento de la cohesión y densidad, disminución de la penetración del agua, incremento en la adherencia entre agregados, además de reducir la permeabilidad y segregación, así que será necesario evaluar qué sucederá con el concreto fluido en este caso con los materiales disponibles y qué efecto tendrá la arena sílice en un concreto fluido. El cemento a utilizar será Tipo CPCA2. Todas las muestras serán evaluadas en su comportamiento tensión deformación.

En síntesis, fue estudiado el control de las variables dependientes dividido en dos etapas. La primera en el estado fresco del concreto fluido, la cual se ejecutó mediante equipos no considerados en las normas nacionales. Para esto se investigó antecedentes de otros países y se fabricaron los equipos necesarios: el anillo japonés y caja en L. En la segunda etapa para el concreto en estado endurecido se realizaron ensayos de compresión mediante probetas cilíndricas de 30 cm de altura y 15 cm de diámetro a los 28 días de curado.

Ya conocidas las mediciones y comportamiento de la mezcla con la variación de sílice y los resultados obtenidos de los ensayos, se logra conseguir una serie de curvas o parámetros necesarios para un control de calidad y guía para la obtención de un concreto autocompactable (CAC). En estos resultados se observa que a mayor cantidad de arena silícea se obtiene una mezcla más fluida y de mayor resistencia.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

CAPITULO I

I EL PROBLEMA

I.1 Planteamiento del Problema

La durabilidad del concreto depende en primer grado de su formulación; en este sentido, los parámetros básicos son la relación agua/cemento y la cantidad de cemento. Estos parámetros son controlables en el diseño de la mezcla y, por lo tanto, en cierta manera previsibles. En segundo plano aparece el factor colocación en obra. Una correcta formulación del concreto puede perder todas sus propiedades debido a una mala ejecución en el vaciado, desde la adición de agua extra en el camión hasta un defectuoso o incluso excesivo vibrado. El problema de este aspecto es que, a diferencia del diseño de la mezcla, es un parámetro no controlable y mucho menos previsible, la ejecución queda en manos del constructor, que en la mayoría de las ocasiones no entiende o no conoce los parámetros que pueden afectar positiva o negativamente las propiedades del concreto que manipula.

En resumen, la durabilidad del concreto se ve altamente afectada por las características de la colocación en obra. Una vez mostrado el panorama anterior, la solución debe estar orientada hacia un concreto cuyas propiedades queden garantizadas única y exclusivamente en el momento del diseño de la mezcla, independientemente de su ejecución. Esto sería una garantía de calidad y de seguridad.

El concreto autocompactable permite ser colocado en obra sin necesidad de vibrado, reduciendo significativamente esta actividad que tanto afecta a la calidad y durabilidad del concreto cuando no se realiza de manera correcta, además es una mezcla que puede

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

compactarse en todos los rincones de una estructura que se requiera vaciar, únicamente por medio de su propio peso, sin necesidad de compactación por vibración y que a pesar de su alta fluidez el agregado grueso no tiene segregación. Ideal para todos aquellos refuerzos con gran cantidad de acero y de difícil acceso en el que un concreto con vibrado convencional no sería factible.

La obtención de un concreto autocompactable requiere de un estudio detallado en cada caso particular, para ello se requiere analizar los elementos a diseñar y los materiales disponibles, en este caso en Venezuela se puede ubicar arena de origen silíceo, es por esto que se estudiarán las propiedades reológicas de un concreto fluido con arena lavada, piedra picada, cemento Tipo CPCA2 y arena de origen silíceo usando además un aditivo que es necesario para lograr la alta fluidez en un concreto autocompactable, en este caso será DARACEM 100.

I.2 Antecedentes de la investigación

El estudio de este trabajo especial de grado es la continuación de un trabajo de investigación que tiene lugar en la misma universidad y que cuenta con el profesor Ingeniero Guillermo Bonilla como tutor. Esto debido a que para caracterizar las propiedades de un concreto fluido hace falta un extenso estudio para así poder evaluar todas sus variables y distintos materiales que se puedan utilizar, y que claro se tengan disponibles en el país, es por esto que fue necesario depender de varios parámetros y resultados obtenidos del siguiente trabajo especial de grado para poder obtener resultados comparativos;

ANTHONY CARDENAS 2016 *Caracterizar las propiedades reológicas del concreto fluido desarrollada con piedra picada y arena natural lavada*. T.E.G Universidad Católica Andrés Bello

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

Este estudio tiene como finalidad encontrar el diseño de mezcla ideal para un concreto autocompactable usando piedra picada y arena natural lavada. Se dividió en dos fases, la primera de ellas fue evaluar el concreto fluido en estado fresco y se usó dos ensayos para esto, el primero, el método de cono invertido que mide el radio de fluidez del concreto y el segundo el ensayo de anillo japonés que además de medir fluidez, también se puede obtener la capacidad de paso del concreto.

EFNARC *Especificaciones y directrices para el Hormigón autocompactable* – HAC febrero 2002.

ADRIAN ALVAREZ REYES. 2007. *Desempeño del concreto autocompactable*. Tesis Universidad Nacional Autónoma De México.

Este estudio realizó una comparación detallada entre el concreto con vibrado tradicional y el concreto autocompactable, también evaluó las características reológicas del concreto autocompactable utilizando diferentes métodos de medición como el anillo japonés, la caja en L, el Embudo y la medición de la llamada torta con materiales que tienen a su disposición como arena lavada piedra picada y cemento.

SANABRIA E. CARLOS E; WRIGHT O JOHM. 2006. *Diseño y evaluación de mezclas de concreto autocompactantes con agregados de la zona Capital y aditivos físico-químicos*. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

Este trabajo tuvo como finalidad la elaboración y estudio de distintas dosificaciones de aditivos con agregados de la región Capital, desarrollando tendencias características del comportamiento del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido.

I.3 Interrogantes del estudio

De todo lo expuesto surge una serie de interrogantes sobre las propiedades reológicas del concreto autocompactable utilizando arena de origen silíceo, piedra picada y cemento.

¿Cuál debe ser la cantidad adecuada de arena sílice para obtener un concreto autocompactable ideal, de alta fluidez y resistencia?

¿Cómo puede variar la resistencia de un concreto fluido que tiene como fino arena de origen silíceo aumentando la cantidad de cemento?

I.4 Alcance y limitaciones

Para desarrollar el estudio se requirió de una dosis constante de cemento Tipo CPCA2 para las cuales se realizaron ensayos mediante los métodos de la caja L, el anillo japonés y el cono de Abrams invertido. Adicionalmente se hará la medición con el k slump.

El equipo de medición del método de la caja L se elaboró en el laboratorio.

- Ensayo del Anillo Japonés.
- Ensayo – Caja L.
- Ensayo de Extensión del Flujo o Cono invertido.
- Ensayo - K-Slump.
- Concreto Fluido de Resistencia promedio igual a 380 kgf/cm².

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

I.5 Objetivos de la Investigación

Objetivo General:

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

Objetivos Específicos

- Evaluar lapso de fluidez de concreto autocompactable desarrollado con base a piedra picada y fino de origen silíceo, medido en caja tipo L.
- Evaluar fluidez de concreto autocompactable desarrollado con base a piedra picada, fino de origen silíceo, medido por el método de anillo japonés.
- Analizar el radio de fluido de concreto autocompactable desarrollado con base a piedra picada y fino de origen silíceo evaluado por el método del cono invertido.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

II.1 Arena Silícea

Arena con alto contenido de silicio conocida también como Arena de sílice, Arena Sílica, Arena Cuarzosa, Oxido de silicio, entre otras. Su composición química está formada por un átomo de silicio y 2 átomos de oxígeno, identificada como SiO_2 una molécula muy estable que es insoluble en el agua. El silíceo puede presentarse en forma amorfa o cristalizada. Es un compuesto muy activo que se emplea en la fabricación de vidrio, porcelana, cerámicas y materiales de construcción. (Research Council of Albert, 2010)

La arena de sílice está formada por cristales de cuarzo, los cuales se encuentran en abundancia en la corteza terrestre. Los cristales se extraen mediante minería y posteriormente se procesan en los diversos grados de arena de sílice. También conocida como arena de cuarzo o arena industrial, la arena de sílice es un componente importante de una variedad de usos industriales y de construcción. El uso de la arena de sílice está determinado por su estructura y propiedades físicas. Por ejemplo, la composición química de la arena de sílice es muy relevante cuando se usa en la fabricación de vidrio, mientras que la dureza del grano constituye una faceta importante cuando la arena se utiliza para fines de chorreado de arena. (Higueras, P. y Oyarzun, R. 2000)

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

II.1.1 Principales características de la Arena Sílice, Fuente (Research Council of Albert)

- Aumenta la cohesión
- Aumenta la densidad
- Disminuye la penetración del agua
- Incrementa la adhesión entre agregados
- Reduce el calor de hidratación
- Reduce la permeabilidad
- Reduce la segregación y exudación

II.2 Concreto autocompactable

El Concreto autocompactable es un tipo de concreto que se caracteriza por tener la capacidad de fluir y rellenar cualquier parte del encofrado solamente por la acción de su propio peso, sin ser necesaria una compactación por medios mecánicos, y sin existir bloqueo ni segregación: de ahí su denominación autocompactante. (Ahmed Loukili, 2011).

En este sentido será necesario mencionar los componentes de un concreto autocompactable, que en realidad no difiere mucho en comparación de un concreto convencional. El concreto autocompactante contiene como materiales necesarios para su mezcla lo siguiente, alta cantidad de agregados finos, agregado grueso, cemento, agua, superfluidificante y dependiendo del diseño, un agente de viscosidad.” (Ramírez Ordoñez & Salazar Narváez, 2008).

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

II.2.2 Características fundamentales que deben definir un concreto autocompactable:

- Elevada fluidez: el concreto autocompactable se caracteriza por una elevada fluidez hasta el punto que los métodos tradicionales de ensayo, como por ejemplo el cono de Abrams, resulta obsoleto.
- Elevada resistencia a la segregación: la elevada fluidez no debe implicar segregación o sangrado. La mezcla debe mantener homogeneidad tanto de forma intrínseca como al someterse a la colocación en obra.
- Adecuada viscosidad plástica: el concreto autocompactable debe fluir por la acción de su propio peso. Esto requiere ciertas características de formulación para que el concreto no se bloquee en su paso a través del acero de refuerzo, con un perfecto relleno y que fluya a través del armado.

II.2.3 Ventajas de un concreto autocompactable:

- Facilita el diseño de elementos más complejos que serían difíciles o poco viables de construir mediante vibración convencional, por ejemplo, estructuras con alta densidad de acero.
- Menor dependencia de la formación y experiencia de los operarios para obtener estructuras durables, ya que no es necesario un vibrado en obra, la calidad depende más del diseño.
- Se pueden evitar problemas ocasionados por una compactación inadecuada provocada por la falta de comunicación entre los proyectistas y los ingenieros en la obra.
- Se puede reducir considerablemente el plazo de ejecución de la construcción, debido a que no es necesario el vibrado.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

II.2.4 Aplicaciones del concreto autocompactable:

Gracias al avance de la tecnología, creaciones de nuevos aditivos como los superfluidificantes y al constante estudio e investigación, el concreto autocompactable ha jugado un papel muy importante en la construcción moderna. Hasta la fecha, se han realizado un gran número de aplicaciones para diversas estructuras y elementos de concreto, incluyendo: pisos y losas armadas, elementos modulares de sólo algunos centímetros de espesor, vigas y otros elementos pretensados, muros densamente armados en viviendas, edificios, estanques, revestimiento de túneles, puentes, rellenos de difícil acceso. El concreto autocompactable es ideal para formas complejas en el que es difícil obtener la fluidez y adecuada consolidación del concreto.

II.3 Comportamiento Reológico

La reología es una disciplina científica que se dedica al estudio de la deformación y flujo de la materia (Bird et al. 2002). Su objetivo está restringido a la observación del comportamiento de materiales sometidos a deformaciones muy sencillas, desarrollando posteriormente un modelo matemático que permita obtener las propiedades reológicas del material.

Una mezcla es capaz de fluir debido a las fuerzas de cohesión en sus moléculas y suele deformarse continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante la viscosidad μ es una propiedad de transporte, ya que cuantifica la conductividad de cantidad de movimiento a través de un medio conductivo o fluido. Se interpreta como la resistencia que ofrecen los fluidos a ser deformados cuando son sometidos a un esfuerzo (Barnes, 2000).

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

La clasificación de los fluidos está dada por las diferentes características reológicas que esta pueda presentar.

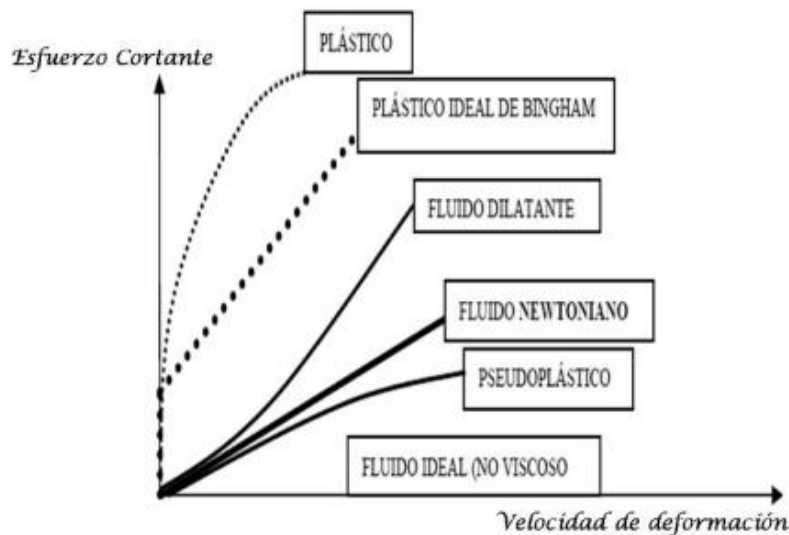


Figura II-1:
Comportamiento de los
fluidos en relación a sus
propiedades reológicas.

Fuente: (Barnes 2000).

II.4 Concreto Autocompactable en estado Fresco.

El concreto autocompactable en estado fresco posee propiedades distintas a la de un concreto convencional, la diferencia principal y la más importante es que debido a su gran fluidez los métodos tradicionales, como por ejemplo el cono de Abrams, resultan obsoletos. (J. Arturo Rodríguez)

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

II.5 Características reológicas del concreto fluido

II.5.1 Capacidad de llenado

Es la capacidad que el concreto autocompactable debe tener a la hora de fluir dentro del encofrado relleno toda la superficie. Por un lado, esta propiedad garantiza la calidad del acabado, de manera que este presentará una superficie lisa, Por otra parte, las armaduras deben estar perfectamente recubiertas evitando la ocurrencia de bolsas de aire en la parte inferior de las mismas. (EFNARC, 2002)

II.5.2 Capacidad de paso

Se define como la capacidad que tiene el CAC de pasar por sitios estrechos sin que el contacto entre los áridos cause el bloqueo de la mezcla. La obtención de esta propiedad se da incrementando la fluidez de la pasta con la utilización de superplastificante, reduciendo el volumen de árido grueso de la mezcla y ajustando el diámetro máximo del árido en función de los espacios por donde el concreto debe pasar. Así, la geometría de la pieza y la distribución de las armaduras son los principales factores a tenerse en cuenta. (EFNARC, 2002).

Ensayo	Característica Reologica de medición.
Extensión del flujo por el cono de Abrams	Capacidad de llenado
Anillo Japones	Capacidad de paso
Caja L	Capacidad de paso

Tabla II-1: Características que mide cada uno de los ensayos que se utilizó.

Fuente: (EFNARC Especificaciones y directrices para el Hormigón autocompactable – HAC febrero 2002)

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

II.5.3 Criterios de Aceptación para el concreto Autocompactable.

Ensayo	UNIDAD	INTERVALO TÍPICO DE VALORES	
		Mínimo	Máximo
Extensión del flujo por el cono de Abrams	cm	65	80
Anillo Japonés	cm	0	1
Caja L	h2/h1	0.8	1

Tabla II-2: Criterios de Aceptación para el concreto Autocompactable.

Fuente: (EFNARC Especificaciones y directrices para el Hormigón autocompactable – HAC febrero 2002)

- **Extensión del flujo;** medidas de los diámetros de extensión del flujo.
- **Anillo Japonés;** diferencia entre las alturas del concreto del diámetro externo y el diámetro interno.
- **Caja L** diferencias de h2/h1

En la tabla anterior se muestran los parámetros típicos de cada método de ensayo con base en el conocimiento y prácticas actuales. Sin embargo, la norma (EFNARC, 2002) deja claro que desarrollos futuros pueden conducir a adoptar requisitos diferentes. Siempre se deben tener cuidados especiales para asegurar que no existe segregación de la mezcla.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

II.6 Ensayo Extensibilidad del flujo

Esta propiedad se puede cuantificar por la magnitud del diámetro de deslizamiento final, dependiendo principalmente del esfuerzo de fluencia del material y por la velocidad de deformación que tenga la viscosidad. Esta característica es practicada bajo un tipo de ensayo experimental el cual consiste en llenar el Cono de Abrams de Concreto, sin ningún tipo de compactación, sobre una placa de superficie lisa y perfectamente plana. Tras levantar el cono y dejar fluir el concreto, se mide el tiempo que tarda la masa de Concreto en alcanzar su diámetro final. (UNE 83361:2007)

En lugar de medir el asentamiento se usa el mismo cono, pero se mide el diámetro alcanzado por el flujo sobre la base. De esta forma se obtienen hasta 65 centímetros de extensión.



Figura II-2: Ensayo Extensibilidad del flujo.

Fuente: (BIGMAT, 2009)

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

II.7 Ensayo Anillo Japonés

El ensayo de Anillo Japonés en sí se ha desarrollado en la Universidad de Paisley. El ensayo se emplea para determinar la capacidad de paso del concreto fluido. El equipamiento consiste en una sección rectangular de anillo de acero abierto taladrada verticalmente con agujeros para aceptar secciones roscadas de barras de armado. Estas secciones de barras pueden ser de distintos diámetros y colocarse a intervalos diferentes: de conformidad con las consideraciones de armado normal. (EFNARC, 2000)



Figura II-3: Anillo Japonés.

Fuente: (Mecanizados MEF, 2016)

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

II.8 Ensayo Caja L

Este ensayo, basado en un diseño japonés, ha sido descrito por Petersson. El ensayo evalúa la capacidad de fluir del concreto y también la medida en la que está sujeto a bloqueos por parte del armado. El aparato consiste en una caja de sección rectangular con forma de “L”, con una sección vertical y otra horizontal, separadas por una puerta móvil, delante se colocan barras para medir la capacidad de paso del concreto. La sección horizontal de la caja puede marcarse a 200 mm y a 400 mm de la compuerta y pueden medirse los tiempos necesarios para alcanzar estos puntos. Se conocen como los tiempos T20 y T40 y constituyen una indicación de la capacidad de relleno. Las secciones de barras pueden ser de distintos diámetros y pueden espaciarse a diferentes intervalos, de conformidad con las consideraciones de armado normal, puede ser apropiado un tamaño tres veces superior al tamaño máximo de los agregados. Las barras pueden ajustarse con cualquier espaciado para imponer una prueba más o menos exigente a la capacidad de paso del concreto. (EFNARC, 2000)

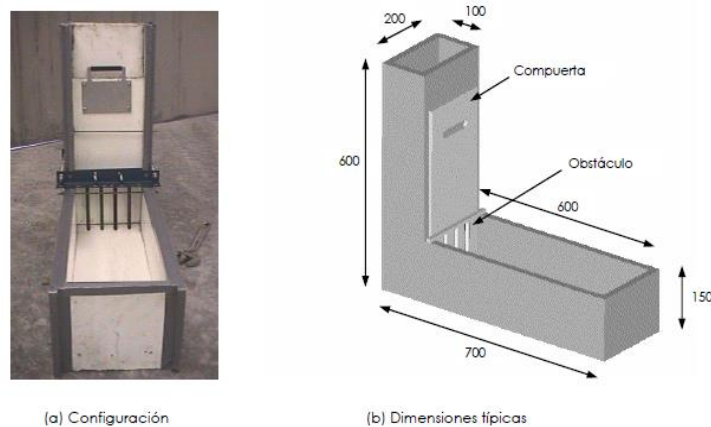


Figura 3.2 - Caja en L (Gomes et al., 2002)

Figura II-4: Caja L.

Fuente: (Gomes et, 2002)

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

II.9 Ensayo K-Slump

Este método permite una rápida evaluación de la fluidez y consistencia de mezclas de concreto fresco, también proporciona información en el cambio de fluidez y consistencia con el tiempo de concreto conteniendo aditivos plastificantes o superplastificante. El K-Slump consiste en un tubo externo hueco parcialmente perforado y un vástago flotador interior calibrado que es introducido dentro de una mezcla de concreto fresco, hasta un nivel determinado y sostenido en el lugar por un collar flotante.

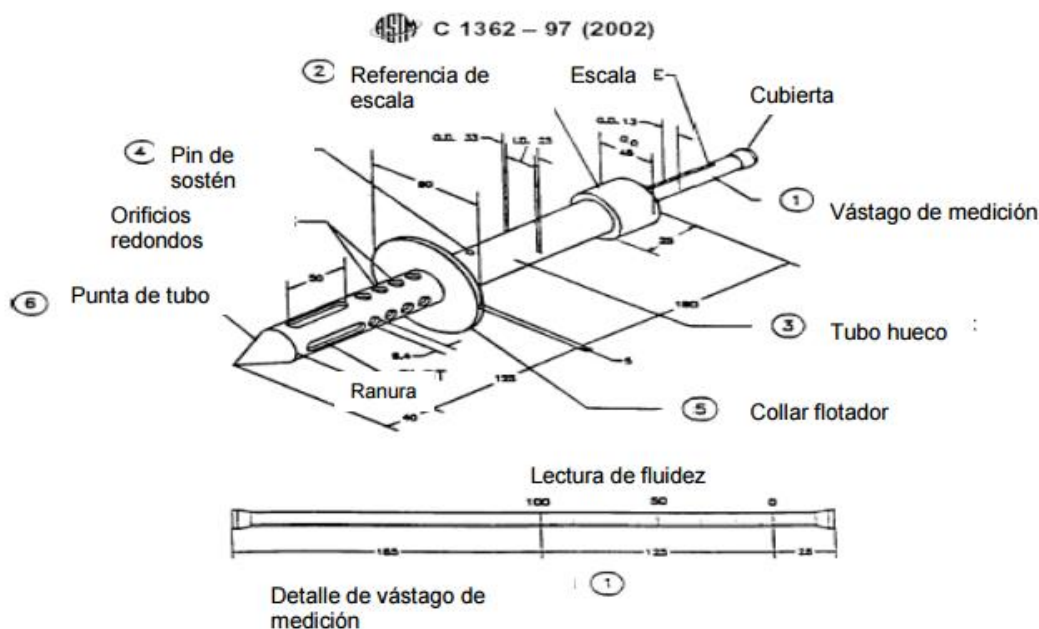


Figura II-5: Componentes del K-SLUMP.

Fuente: ASTM C 1362-97, 2002

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

II.10 Comportamiento Esfuerzo-Deformación

Si una fuerza o carga es estática o bien cambia de forma relativamente lenta con el tiempo y es aplicada uniformemente sobre una sección o superficie de una pieza, el comportamiento mecánico del material puede ser estimado mediante un simple ensayo esfuerzo - deformación. Por tanto, para obtener la relación entre tensión y deformación se tendrá que proceder necesariamente por vía experimental mediante ensayos realizados en el laboratorio, en el que se comprueba, en efecto, que para dos piezas de distintos materiales de iguales dimensiones y sometidas al mismo estado de cargas las deformaciones son distintas. En los ensayos de compresión y de tracción el esfuerzo (σ) se mide como la fuerza, F , actuando por unidad de área (A), es decir: $\sigma = F / A$. La alteración de la forma o dimensiones de un cuerpo como resultado de las tensiones se denomina deformación. Existen tres principales maneras de aplicar la carga, a saber: tracción, compresión y cizalladura. (Hibbeler, R. C. (2010))

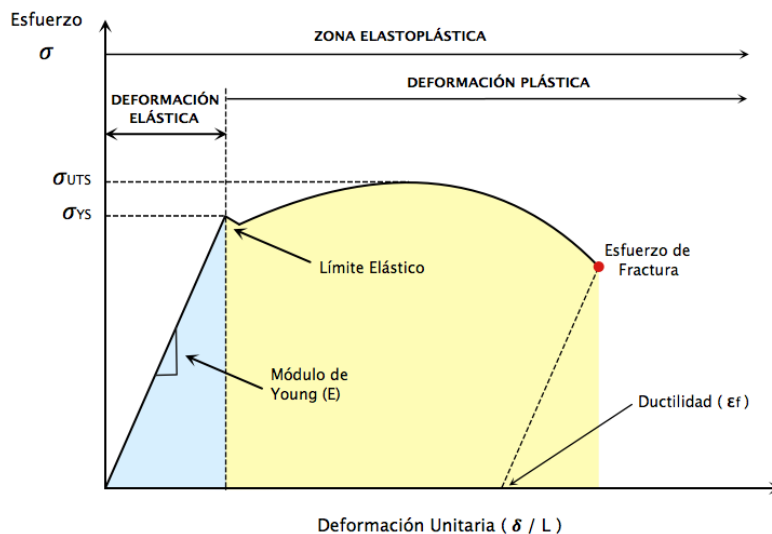


Figura: II-6: Esfuerzo-Deformación.

Fuente: (Hibbeler, R. C. 2010)

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

III.1 Naturaleza de la investigación

La investigación fue de tipo experimental exploratoria, “ya que a través de la manipulación de las variables independientes (supuestas causas), en una situación controlada por el experimentador, a fin de detectar sus efectos sobre las variables dependientes (supuestos efectos) determinando así sus relaciones y los resultados que produce cada variable sobre el objeto” (Balestrini, 2002).

III.2 Población y Muestra

La muestra estuvo conformada por el concreto autocompactable producido en 7 vaciados, las cuales se dividieron en 21 probetas cilíndricas estandarizadas con una sección de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, estas probetas fueron divididas en dos grupos, en el primero se varió la cantidad de arena silícea progresivamente y en el segundo grupo se varió la cantidad de cemento gradualmente para la misma cantidad de arena natural y arena silícea.

A continuación, se muestra una tabla de como estuvo conformado cada grupo y cuáles fueron sus variantes:

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

	Variación	Ensayo	Silice (kg)	Arena (kg)	Cemento (kg)	Aumento Cantidad de Cemento
(Grupo 1)	Arena Silice (Kg)	1	0	25	12.450	-
		2	5	20	12.450	-
		3	10	15	12.450	-
		4	15	10	12.450	-
		5	20	5	12.450	-
(Grupo 2)	Cemento	6	10	15	13.075	5%
		7	10	15	13.695	10%

Tabla III-1: Identificación de cada muestra estudiada.

Fuente: Elaboración Propia

III.3 Recolección de Datos

Los datos fueron recolectados en dos fases, la primera en el estudio del concreto fresco se hicieron registros manualmente con los equipos, caja L, Anillo Japonés y extensión del flujo, además del K Slump, y en la segunda etapa, para el concreto en estado endurecido a los 28 días se reportaron deformaciones mediante el uso de un medidor de dial, el registro de los datos se llevó a cabo manualmente con la ayuda de 2 video cámaras para mayor precisión.

III.4 Equipos sin aplicación de carga.

- Anillo japonés (TEG).
- Caja L (fabricado).
- Mesa de Extensión del flujo (TEG).
- K-SLUMP con capacidad máxima de lectura de 11 cm y mínima de cero 0, el equipo pertenece al Ing. Guillermo Bonilla.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.5 Equipos de aplicación de carga.

- Máquina de Ensayo Universal marca Baldwin Capacidad 100 t, del Laboratorio de Materiales de construcción y tecnología de concreto.

III.6 Accesorios empleados:

Medidor de dial marca MERCER.

Cámaras digitales para los videos en los ensayos del concreto endurecido.

III.7 Manejo de variables

GRUPO 1

- Velocidad de aplicación de carga (kgf/seg).
- Dosis de Cemento (kg)
- Masa de piedra (kg).
- Cantidad de aditivo (L)

GRUPO 2

- Velocidad de aplicación de carga (kgf/seg).
- Masa de Arena Silícea (kg)
- Masa de piedra (kg).
- Cantidad de aditivo (L).

III.7.1 Variable Independiente

- GRUPO 1; Cantidad de arena silícea (kg)
GRUPO 2; Cantidad de Cemento (kg)

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.7.2 Variables Dependientes

- Resistencia (kgf/cm^2).
- Deformación. (adimensional)
- Diámetro de Torta (D_t ; cm).
- Tiempo de Flujo de Torta (T_t ; seg).
- Diámetro de Anillo Japonés (D_a ; cm).
- Tiempo de Anillo Japonés (T_a ; seg).
- Tiempo Caja en L (20cm y 40 cm)
- Diferencia de alturas Caja L h_2/h_1 (cm)
- K-SLUMP (K y W; escala del equipo).

III.8 Diseño experimental

Fue desarrollado un diseño experimental que permitió evaluar las características reológicas del concreto fluido tanto en estado fresco como en estado endurecido. Para el estado fresco se estudió el comportamiento del concreto a través de los equipos: Caja L, Anillo Japonés y una plancha para el estudio de la extensión del flujo, además de la medida de k slump.

Para el análisis en estado endurecido, se tomó el mismo concreto estudiado y se vaciaron probetas cilíndricas a las cuales se les realizaron ensayos de Resistencia a la compresión, a los 28 días de fraguado llevados hasta la ruptura con diferentes f'_c y determinando su correspondiente gráfica tensión-deformación.

El estudio fue dividido en dos grupos; el primero de ellos fue variar la cantidad de arena sílice gradualmente con respecto a la arena natural y analizar el comportamiento de la mezcla a medida que la primera aumentaba, dejando todos los demás materiales constantes. Se realizó 5 variaciones de arena sílice que va desde, 0 kg de arena sílice y 25 kg de arena natural,

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

hasta 20 kg de arena silícea y solo 5 kg de arena natural, aumentando 5 kg de arena silícea por vaciado y disminuyendo la arena natural respectivamente. Para el segundo grupo se varió la cantidad de cemento para la misma cantidad del resto de los materiales. En total se tiene 21 probetas cilíndricas de 15 cm x 30 cm. A continuación, se presentan las tablas de cada vaciado detallando materiales utilizados y variación de la arena silícea para el primer grupo y variación del cemento para el segundo grupo.

		Valores Nominales					
	Vaciado	Silice (kg)	Arena (kg)	Piedra Picada (kg)	Cemento (Kg)	Agua (ml)	Aditivo (ml)
(Grupo 1) variando silice	1	0	25	10	12.450	5800	105
	2	5	20				
	3	10	15				
	4	15	10				
	5	20	5				

Tabla III-2: Diseño de mezcla Grupo 1 variación de la Arena silícea.

Fuente; Elaboración Propia.

		Valores Nominales					
	Vaciado	Silice (kg) Valor Nominal	Arena (kg) Constante	Piedra Picada (kg) Valor Nominal	Cemento (Kg)	Agua (ml) Valor Nominal	Aditivo (ml) Valor Nominal
(Grupo 2) variando	6	10	15	10	13.075	5800	105
	7				13.695		

Tabla III-3: Diseño de mezcla Grupo 2 variación de cemento.

Fuente; Elaboración Propia

En las tablas anteriores **III-2** Y **III-3** se registran valores Nominales, ya que por vaciado no se obtuvo el mismo volumen final a pesar de mantener la misma cantidad de agregados para cada uno de ellos, esto debido a diferentes factores como, por ejemplo, la

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

humedad y absorción de cada arena, así como otros componentes que serán considerados más adelante en los análisis y resultados.

III.9 Materiales Utilizados Propiedades y Características

III.9.1 Concreto Fluido

III.9.1.1 Características del agregado grueso

- Piedra picada con tamaño máximo 1/2”.
- Densidad específica: 2,74 (kg/m³).
- Densidad específica saturada con superficie seca: 2,79 (kg/m³).
- Absorción 1,81%.
- Humedad 0.34%.

III.9.1.2 Características del agregado fino

II.9.1.2.1 Arena Natural

- Arena natural de río pasante tamiz #4.
- Densidad específica: 2,55 (kg/m³).
- Densidad específica saturada con superficie seca: 2,60 (kg/m³).
- Absorción 4.07%.
- Humedad 6.01%.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.9.1.2.2 Arena silícea

- Densidad específica: 2.40 (kg/m³).
- Densidad específica saturada con superficie seca: 2,45 (kg/m³).
- Absorción 4.75%.
- Humedad 8.6%.

III.9.1.3 Características del cemento

El cemento es de Tipo CPCA2.

La clasificación del cemento con adiciones se efectúa de acuerdo al tipo de material de adición, en este caso el cemento PORTLAND con añadidura de caliza CPCA2 es aquel cuyo contenido de caliza u otro material calcáreo es mayor a 15% y menor o igual a 30% del peso total. (COVENIN, 3134)

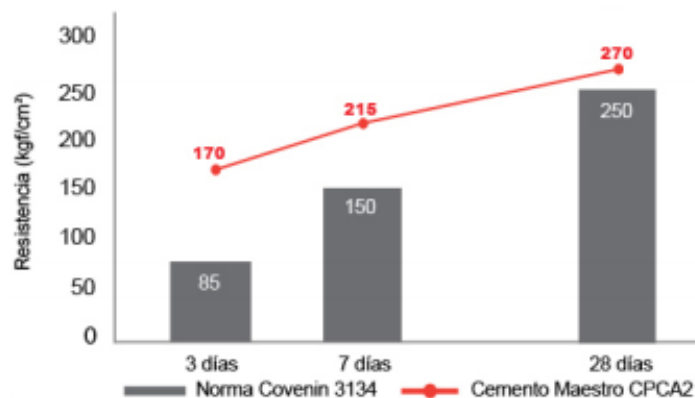


Figura III-1: Desarrollo de resistencias a la compresión del cemento CPCA2.

Fuente: (INVECEM,2016)

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.9.1.4 Aditivo

El aditivo que se utilizó fue DARACEM 100

III.10 Fases de la ejecución

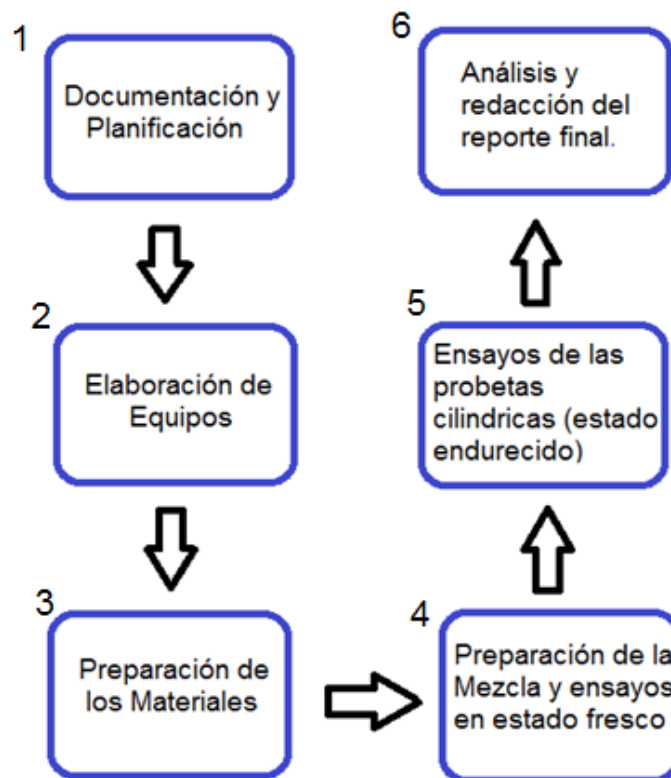


Figura III-2: Fases de la ejecución.

Fuente: Elaboración propia.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.1 Documentación y Planificación

Para la realización de este trabajo previamente se hizo una investigación y recaudación documental con la finalidad de determinar hacia dónde sería orientada la investigación, se fijaron los parámetros a mantener constantes, se investigó sobre los equipos que se tenían que fabricar en normas de otros países, estableciendo las medidas y parámetros que se tenían que adoptar y se estableció que una vez realizado el estudio del concreto fluido en estado fresco, este volumen se colocaría en probetas cilíndricas estandarizadas de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura para su futuro estudio en estado endurecido

III.10.2 Elaboración de equipos

Debido a que este trabajo especial de grado es una continuación de un estudio que se llevó a cabo en la UCAB ya se tiene un antecedente y por lo tanto dos de los equipos necesarios se encontraban disponibles en el laboratorio de materiales, como lo es una plancha metálica para hacer posible el ensayo de la extensión del flujo y el Anillo japonés, de esta manera solamente fue necesario fabricar la Caja L.

III.10.2.1 Descripción realización de la Caja L

La caja L se realizó con planchas de acero de 3 mm de espesor cortadas y soldadas según las especificaciones para su uso, para las barras transversales se usaron tres barras lisas de ½ pulgada separadas a igual distancia, así como una plancha rectangular con un asa soldada como tapa para la sección vertical del aparato.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.3 Características de los equipos.

III.10.3.1 Anillo Japonés

Este equipo consiste en una plancha plana de acero de superficie lisa con espesor de 5mm y dimensiones de 70x70 cm de sección cuadrada, con un anillo perpendicularmente soldado a la plancha con barras de acero de 6 mm de diámetro y 10 mm de altura, en el tope cuenta con un aro de 20 mm de espesor y 300 mm de diámetro.

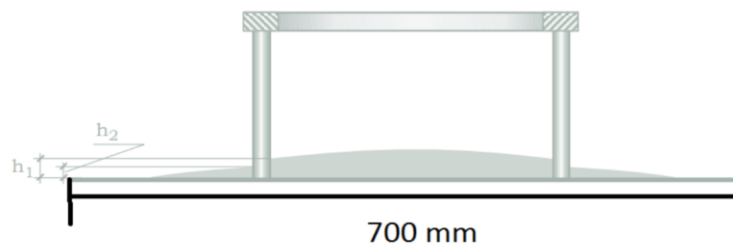


Figura III-3: Vista lateral del anillo japonés.

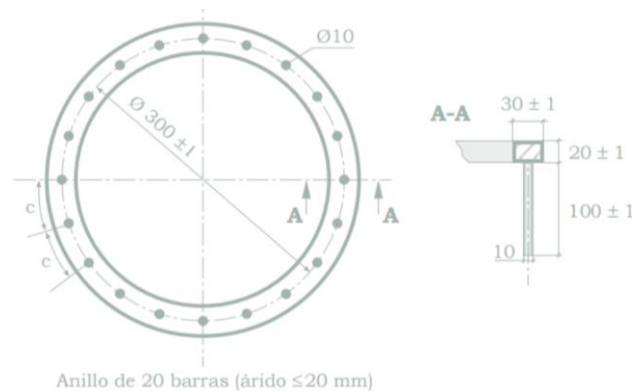


Figura III-3.1: Vista desde arriba del anillo japonés y detalles de barras utilizadas.

Fuente: (EFNARC.2002)

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.3.2 Caja L

Detrás de la compuerta se tienen 3 barras instaladas de $\frac{1}{2}$ ". La sección horizontal de la caja se marca a 200 mm y a 400 mm de la compuerta y se mide los tiempos necesarios para alcanzar estos puntos. Se conocen como los tiempos T20 y T40 A continuación, se detallan las medidas de la caja. (EFNARC, 2000)

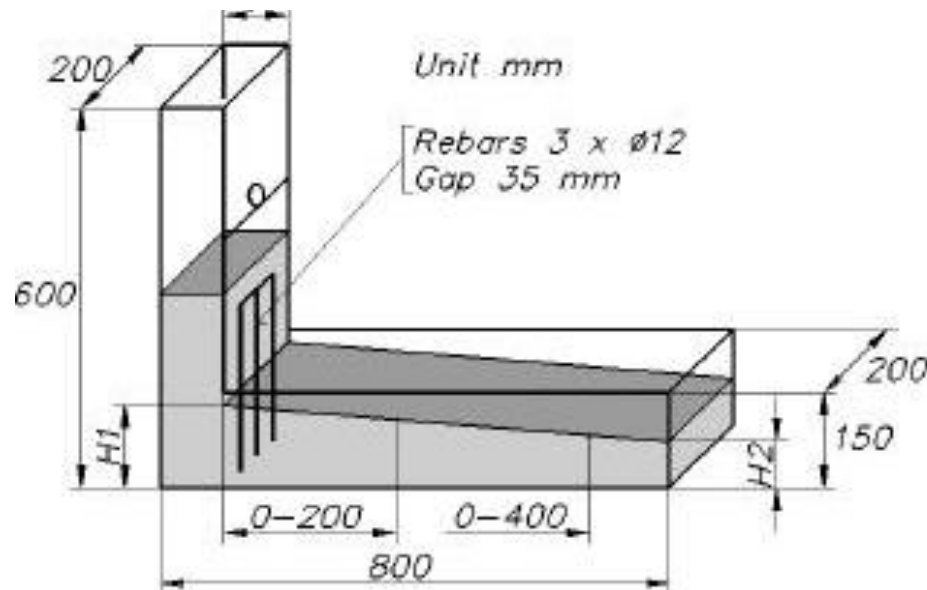


Figura III-4: Medidas de la Caja L.

Fuente: (EFNARC.2002)

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.3.3 Extensión del Flujo.

El aparato para hacer posible el ensayo de extensión del flujo consiste una plancha plana de acero de superficie lisa con espesor de 5mm y dimensiones de 70x70 cm de sección cuadrada, Además será necesario el uso del cono de Abrams.



Figura III-5: Equipos preparados para el inicio de los vaciados.

De izquierda a derecha: a) Ensayo Extensión del flujo. b) Caja L. c) Anillo Japonés.

Fuente: Elaboración Propia.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.4 Preparación de los materiales.

El diseño de mezcla que se adoptó para el estudio realizado se tomó de un trabajo especial de grado (Anthony Cárdenas UCAB 2016) antecedente ya nombrado, ya que para poder obtener derivaciones comparativas debemos partir de estos resultados obtenidos. De esta manera se respetó la cantidad de piedra, arena y aditivo que se obtuvieron en dicha investigación como el diseño más óptimo y se adoptó las nuevas variables al estudio, además de un nuevo ensayo en la medición en el estado fresco como lo es la Caja L.

En este sentido se estableció que las cantidades de piedra, cemento, agua y aditivo siempre se mantendrían constantes para un primer grupo estudiado, variando en este caso la cantidad de arena silícea con respecto a la arena lavada. Y para el segundo grupo todas las variables mencionadas se mantendrían constantes excepto el cemento que esta vez se aumentará un 5% más de su masa original por cada prueba.

Se contempló la obtención de los materiales tanto fino (arena sílice) y (arena natural), como grueso (piedra picada), y su preparación, la cual consistió en cernir el fino por el tamiz #4 y el grueso por el tamiz 1/2", obteniendo de ambos agregados el pasante por dichos cedazos. Ambas arenas se secaron al horno para disminuir su humedad hasta 0% para alcanzar una humedad higroscópica. El cemento utilizado es CPCA2, debido a su contenido de caliza, el cual ayuda a la fluidez de la mezcla.

Fijando la logística para la ejecución de los vaciados, se contemplaron los horarios y cantidad de mezclas diarias, los tiempos en la ejecución de los ensayos, todo con la finalidad de disminuir las variables externas y posibles errores sistemáticos que pudieran presentarse durante la ejecución de la investigación.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.4.1 Arena Natural

Se procedió a la caracterización del material a utilizar, por lo que se realizó un ensayo granulométrico en el Laboratorio de Tecnología del Concreto, en el cual se observó lo siguiente; el pasante #200 debería encontrarse en 1% o menos y la granulometría muestra un 0.84%, es decir un valor aceptable según la referencia de la Norma COVENIN 277.

A continuación, se observa la granulometría más detallada:

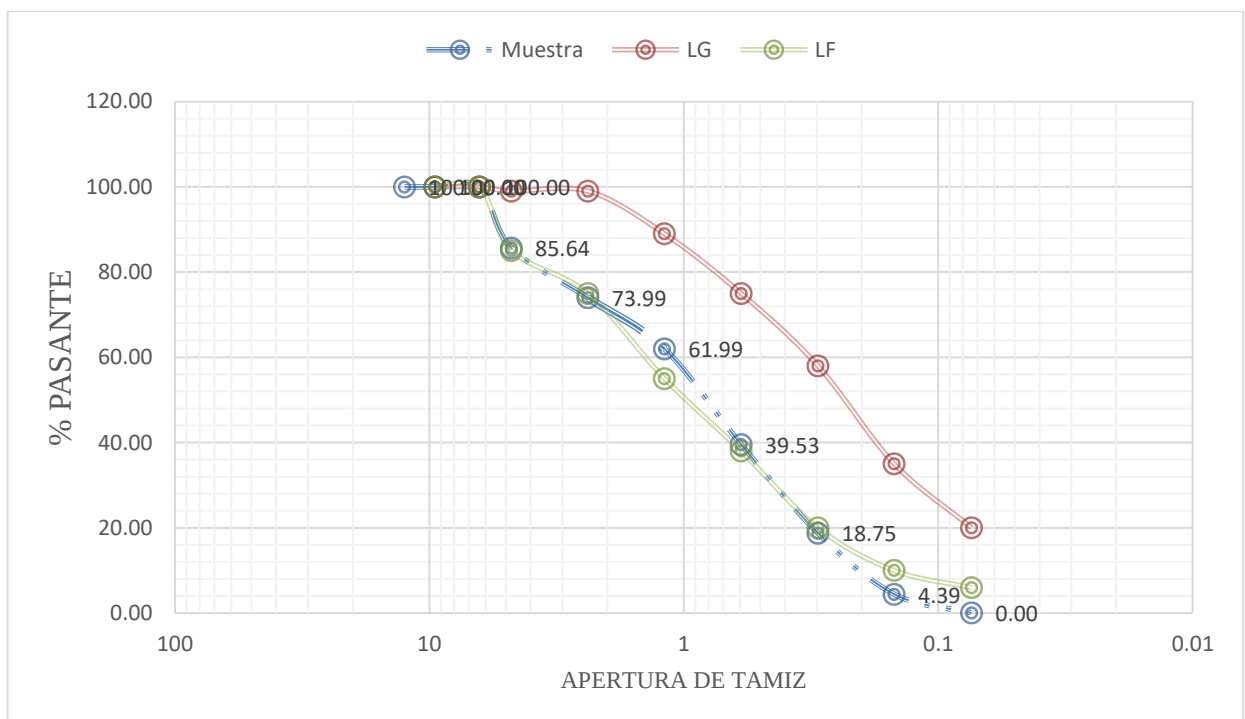


Figura III-6: Curva Granulométrica de la Arena natural.

%Retenido / Pasante acumulado con relación a la abertura del tamiz de la Arena Natural

Fuente: Elaboración propia.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.4.2 Arena Silícea.

Se procedió a la caracterización del material a utilizar, por lo que se realizó un ensayo granulométrico, donde se observó lo siguiente: la arena silícea se caracteriza como arena fina debido a su granulometría, Por otro lado, el pasante #200 debería encontrarse en 1% o menos y la granulometría muestra un 0.83%, es decir un valor aceptable según la referencia de la Norma COVENIN 277.

A continuación, se observa la granulometría más detallada:

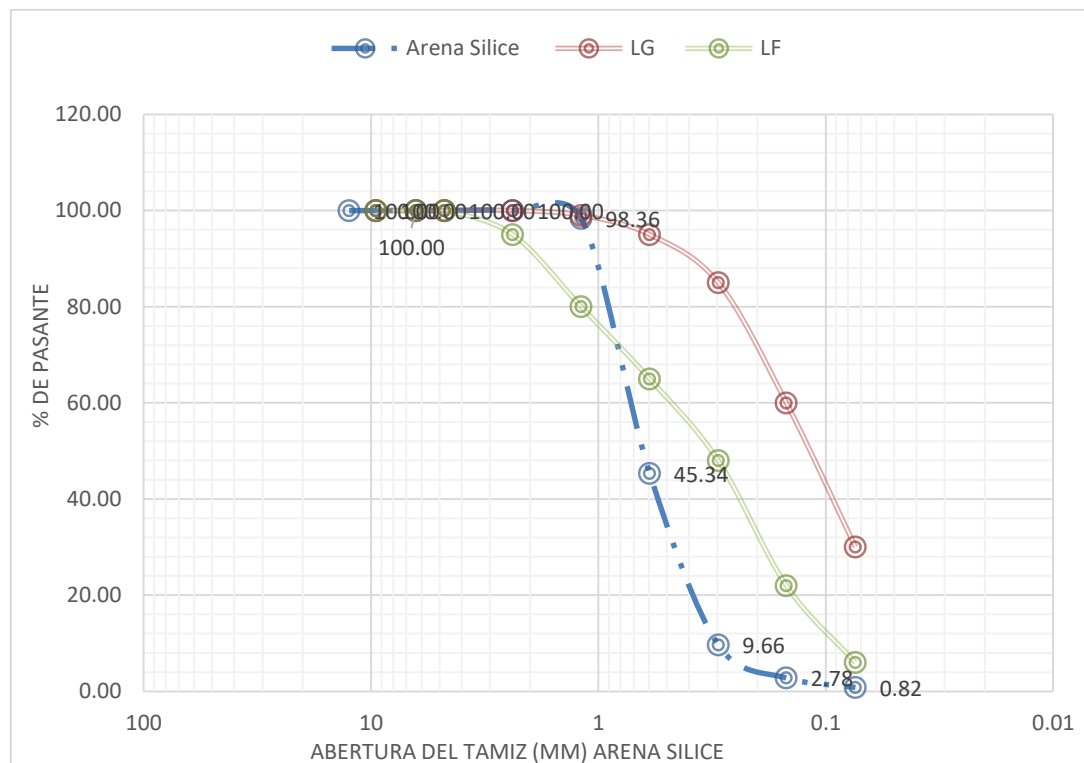


Figura III-7: Curva Granulométrica de la arena silícea.

%Retenido / Pasante acumulado con relación a la abertura del tamiz de la Arena silícica.

Fuente: Elaboración Propia.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.4.3 Piedra Picada

A pesar de ser un concreto fluido la mezcla no debe presentar segregación y debe permanecer homogénea por esto se utilizará un tamaño máximo de agregado grueso de 1/2"

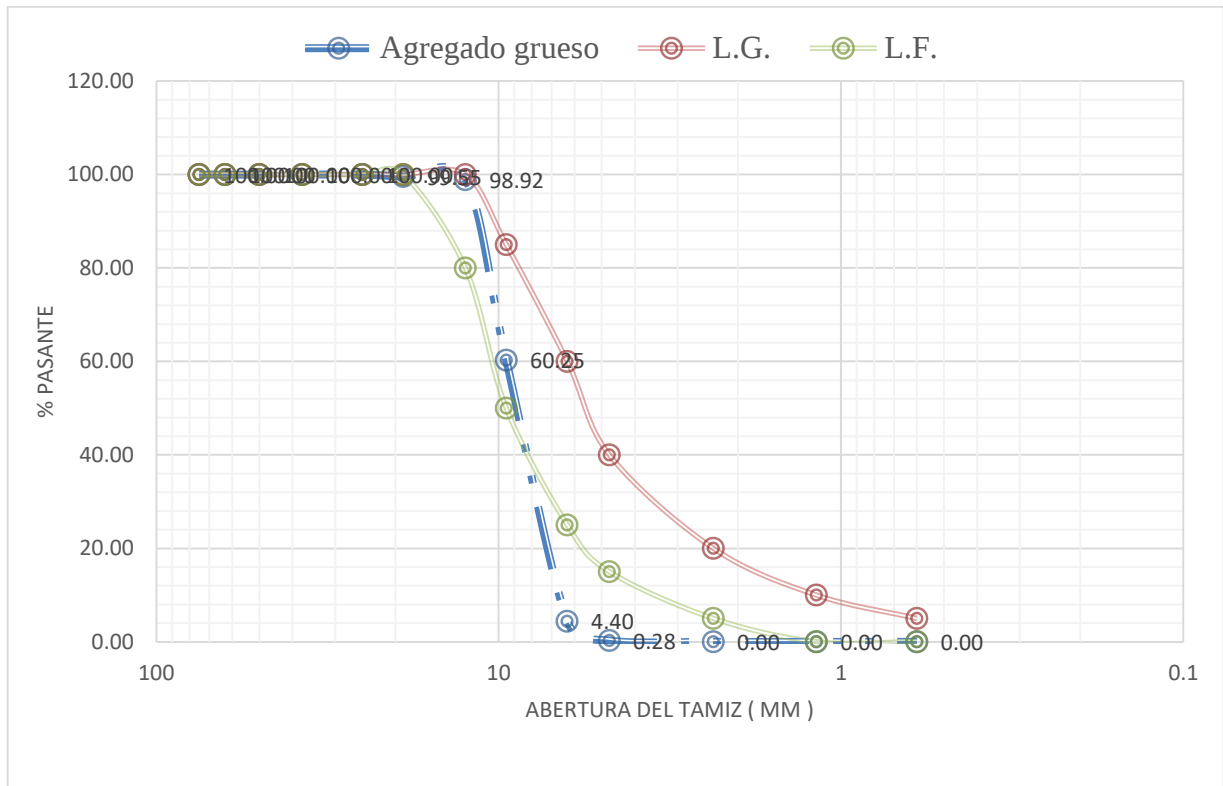


Figura III-8: Curva Granulométrica del agregado Grueso.

%Retenido / Pasante acumulado con relación a la abertura del tamiz del agregado Grueso.

Fuente: Elaboración propia

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.4.4 Materiales

Figura III-9: Materiales para la mezcla de concreto Fluido.

Fuente: elaboración propia



III.10.5 Preparación de la Mezcla y evaluación del concreto en estado fresco.

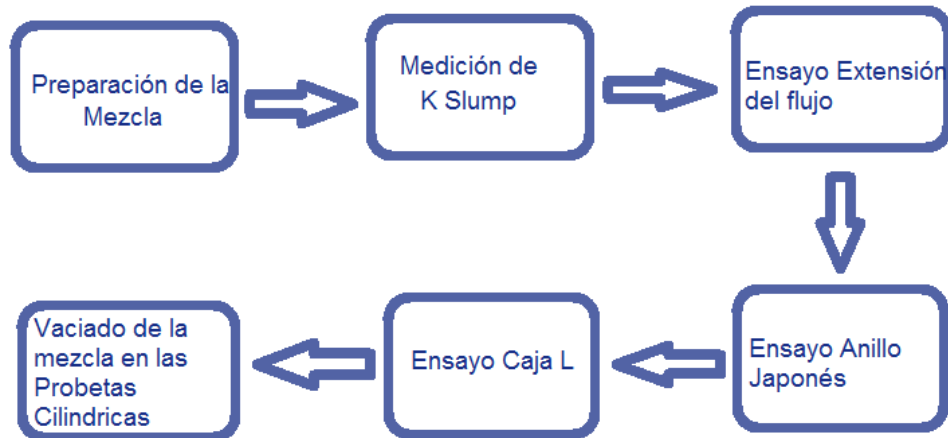


Figura III-10: Esquema del proceso de medición del concreto en estado fresco.

Fuente: Elaboración propia.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.5.1 Preparación de la mezcla

Se hicieron dos grupos de mezclas, en el primero variando la cantidad de sílice con respecto a la arena natural manteniendo todos los demás componentes constantes y el segundo manteniendo la arena sílice y la arena natural constante variando solamente el cemento. Pasos para la preparación de la mezcla:

- 1) Humedecer delicadamente la tolva para evitar que esta absorba agua de la mezcla.
- 2) Se agregó la arena y piedra a la tolva, procediendo a un mezclado inicial.
- 3) Se suministró el cemento cuidadosamente y se continuó mezclando.
- 4) Se adicionó el agua en la mezcla paulatinamente, hasta 580 ml de agua, antes de cumplir con la cantidad de agua necesaria se adiciona el aditivo diluido en agua.
- 5) Una vez agregados todos los materiales se procede a las mediciones, las cuales se explicarán detalladamente a continuación:

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.5.2 Medición de K Slump

K-Slump:

- a. Humedecer el aparato con agua y sacudir el exceso.
- b. Levantar el vástago de medición, inclinar ligeramente y hacer que éste descansa en el pin localizado en el interior del probador.
- c. En un balde se vacía una considerable cantidad de concreto y se procede a insertar el aparato verticalmente hacia abajo, hasta que el disco flotador repose sobre la superficie de concreto.
- d. Después de 60 segundos, bajar el vástago de medición lentamente hasta que éste repose en la superficie de concreto que ha ingresado al tubo y leer directamente en la escala del vástago de medición del K-Slump.
- e. Levantar el vástago de medición otra vez y hacer que éste descansa en su pin.
- f. Remover el probador del concreto verticalmente hacia arriba y otra vez bajar el vástago de medición lentamente hasta que éste toque la superficie del concreto retenido en el tubo y lea la trabajabilidad “W” directamente en la escala del vástago de medición.



Figura III-11: Ensayo Medición de K Slump.

Fuente: Elaboración Propia

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.5.3 Ensayo Extensión del flujo

- a. Comprobar que la superficie plana o base está firme y perfectamente horizontal.
- b. Humedecerla con un paño húmedo, teniendo especial cuidado en no dejar agua libre.
- c. Humedecer de igual manera el interior del cono y colocar el cono sobre el círculo de diámetro de 200 mm.
- d. Sujetar firmemente el molde (mediante los soportes de la base) y rellenar el cono vertiendo el concreto, de forma continua y sin ningún tipo de compactación.
- e. Antes de que transcurra 1 minuto se levanta verticalmente el cono, de forma cuidadosa y continua (2 a 3 segundos), dejando que el concreto se extienda sobre la base.
- f. Se mide el diámetro en dos sentidos y se registran los datos.



Figura III-12: Ensayo Extensión del flujo.

Fuente: Elaboración Propia

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.5.4 Ensayo Anillo Japonés

- a. Se debe asegurar previamente que la superficie plana o base se disponga horizontalmente y se debe humedecer con un paño húmedo, cuidando de no dejar agua libre.
- b. Se humedece de igual manera el interior del cono; se coloca el cono sobre la plancha, de manera que quede concéntrica con el anillo, el círculo de diámetro de 200 mm.
- c. Se vierte el concreto relleno el cono de forma continua y sin compactación alguna.
- d. Antes de que pase 1 minuto, se levanta el cono en dirección vertical, de forma cuidadosa y continua (2 a 3 segundos), dejando que el concreto fluya extendiéndose sobre la base y atravesando el anillo.
- e. Se procede a medir las alturas h_1/h_2 interna y externa del anillo, este proceso se repite en cuatro puntos diferentes.
- f. Se mide el diámetro del concreto en dos sentidos.



Figura III-13: Ensayo Anillo Japonés.

Fuente: Elaboración Propia

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.5.5 Ensayo Caja L

- a. Se precisan unos 14 litros de concreto tomados de la mezcla para realizar el ensayo.
- b. Se debe asegurar previamente que la superficie plana o base se disponga horizontalmente y se debe humedecer con un paño húmedo, cuidando de no dejar agua libre, asegurarse de que la compuerta deslizante puede moverse con libertad y luego ciérrela.
- c. Se debe llenar la sección vertical de concreto hasta el tope
- d. Se deja reposar durante 1 minuto.
- e. Se eleva la compuerta deslizante y se deja que el concreto fluya hacia la sección horizontal.
- f. De manera simultánea se activa el cronómetro y se registran los tiempos que requiere el concreto para alcanzar las marcas de 200mm y de 400 mm.
- g. Cuando el concreto deja de fluir, se miden las distancias “H1” y “H2”.



Figura III-14: Ensayo caja L.

Fuente: Elaboración Propia.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

III.10.5.6 Vaciado de la Mezcla en las Probetas cilíndricas.

Luego de realizar todos los ensayos se devuelve la mezcla a la tolva se mezcla por un minuto aproximadamente y se prosigue a vaciar la mezcla en las probetas cilíndricas. Para el vaciado de las muestras fue utilizado un encofrado de acero de forma cilíndrica estandarizado por la NORMA COVENIN 338:2002.

Transcurridas 24 horas de haberse generado la mezcla, se prosiguió según el protocolo a desencofrar las probetas ya endurecidas: una vez extraídas de los moldes se colocó cada elemento sumergido en agua dentro de una cámara de curado, y se procedió a la limpieza y adecuación de los materiales y áreas de trabajo para poder así repetir nuevamente la secuencia.

III.10.6 Evaluación de la mezcla en estado endurecido.

En la búsqueda del comportamiento mecánico del concreto fluido se sometieron las probetas al ensayo de compresión simple, una vez que estas alcanzaran un tiempo de maduración de 28 días en las cámaras de curado.

El proceso se realizó de la siguiente manera:

- Retirar de la cámara de curado los cilindros de cada familia.
- Una vez secos, se procedió a obtener la masa y dimensiones finales de cada uno.
- Se procedió a instalar los equipos de sujeción para el medidor de dial con gran precisión, con la ayuda de escuadras.

Una vez cumplidos estos pasos se procedió a colocar la muestra en la prensa universal, en la cual se le aplicó la carga hasta obtener la tensión de rotura y poder así generar las curvas

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

tensión-deformación para cada una de las probetas. Se utilizó dos cámaras de video en apoyo a la medición de los datos manuales, posterior al ensayo se estudió cada video y se tomaron datos más precisos en relación a la carga aplicada por la máquina y la deformación.



Figura III-15: Instalación del equipo para sujetar el medidor de dial.

Figura III-16: Muestra a ensayar Colocada en la prensa Universal.

Fuente: Elaboración Propia.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.



Figura III-17: Ensayo a compresión.

Fuente: Elaboración Propia

III.10.6 Análisis de la relación agua cemento y variación de volumen

A pesar de que en cada vaciado se utilizó la misma cantidad de agregado fino, agregado grueso, cemento, aditivo y agua, la variación de volúmenes fue distinta en cada caso, un primer indicio de esto es que después de obtener las probetas cilíndricas en estado endurecido se pesó la masa de cada sobrante y se determinó que la masa no fue la misma para cada familia de cilindros, en este sentido fue necesario realizar los cálculos pertinentes.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

Para determinar la relación agua/cemento, se procedió a calcular el agua utilizada en la mezcla, tomando en cuenta la humedad, la absorción y la densidad saturada con superficie seca del agregado, en el caso particular de la arena lavada y la arena sílice esto se tomó en cuenta para cada una de ellas ya que presentaron valores de absorción y humedad distintas.

Hasta ahora se habló de valores nominales para identificar las cantidades de agregado en cada vaciado representándolo en masas (kg), pero debido a que se obtuvieron valores distintos de volúmenes finales, para el análisis de los resultados será necesario considerar estas variaciones y obtener un nuevo valor en función de los metros cúbicos que se obtuvieron en cada familia de probetas cilíndricas.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

CAPITULO IV

IV.1 Gráficas y resultados de los ensayos del concreto en estado Fresco.

Debido a los cambios de volumen estos son los valores reales de arena sílice y cemento por mezcla.

	ENSAYO	valor Nominal		variacion de volumen m ³	Arena Silice kg/m ³	Cemento kg/m ³
		Arena Silice (Kg)	Cemento (Kg)			
Grupo 1	Patron	0	12.450	0.02121	0.000	587.105
	1	5	12.450	0.02036	245.609	611.568
	2	10	12.450	0.02032	492.073	612.631
	3	15	12.450	0.02050	731.747	607.350
	4	20	12.450	0.01933	1034.523	643.991
Grupo 2	5	10	13.075	0.02075	482.014	630.233
	6	10	13.695	0.02121	471.570	645.815

Tabla IV-1: Arena Sílice y Cemento en kg/m³

Fuente: Elaboración propia

Para las gráficas se tomó en cuenta en todo momento los valores reales por mezcla, es decir, **kg/m³**, para el resto; como tablas, menciones de datos y resultados, etc., los valores de la arena y el cemento están referidos a sus valores nominales, es decir en **kg**.

Para el ensayo de extensibilidad del flujo en la mayoría de las ocasiones para nombrarlo se hizo referencia al método aplicado (Cono Invertido).

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen sílice.

IV.1.1 Grupo 1 Variación de Sílice.

IV.1.1.1 Ensayos Cono Invertido y Anillo Japonés. Diámetro en que la mezcla alcanza su máxima fluidez con respecto a la variación de arena sílice.

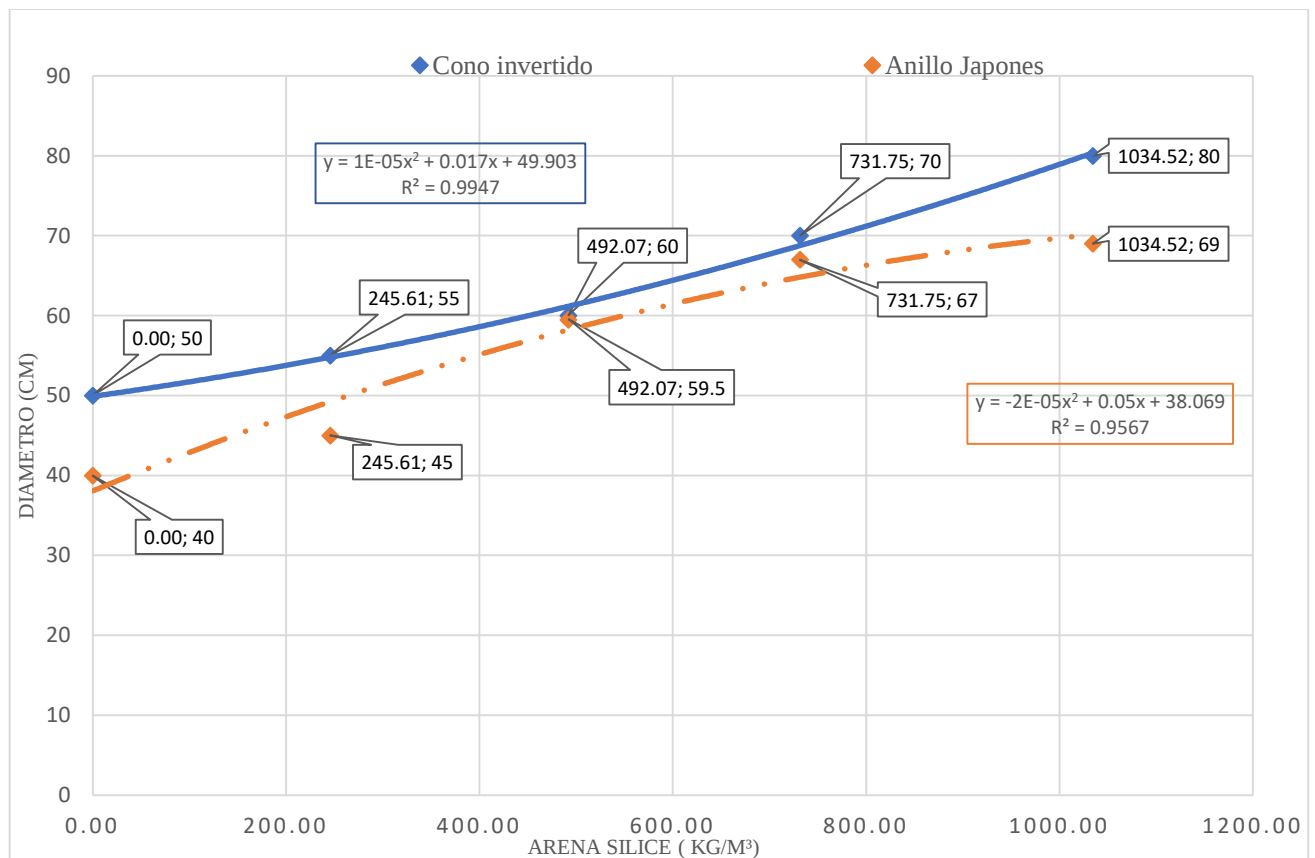


Figura IV-1: Gráfica, Diámetro - Arena Sílice de los ensayos Anillo Japonés y Cono Invertido.

En la Figura IV.1 se observó que a mayor cantidad de arena sílice, mayor fue el diámetro de dispersión de la mezcla, es decir, el concreto presentó mayor fluidez, para 20 kg (1034.52 kg/m³) de arena sílice se obtuvo un diámetro de 80 cm en el ensayo de cono invertido y 69 cm para el anillo japonés siendo esta mezcla la de mayor dispersión.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

IV.1.1.2 Ensayos Cono Invertido y Anillo Japonés. Tiempo en que la mezcla alcanza su máxima fluidez con respecto a la Arena Sílice.

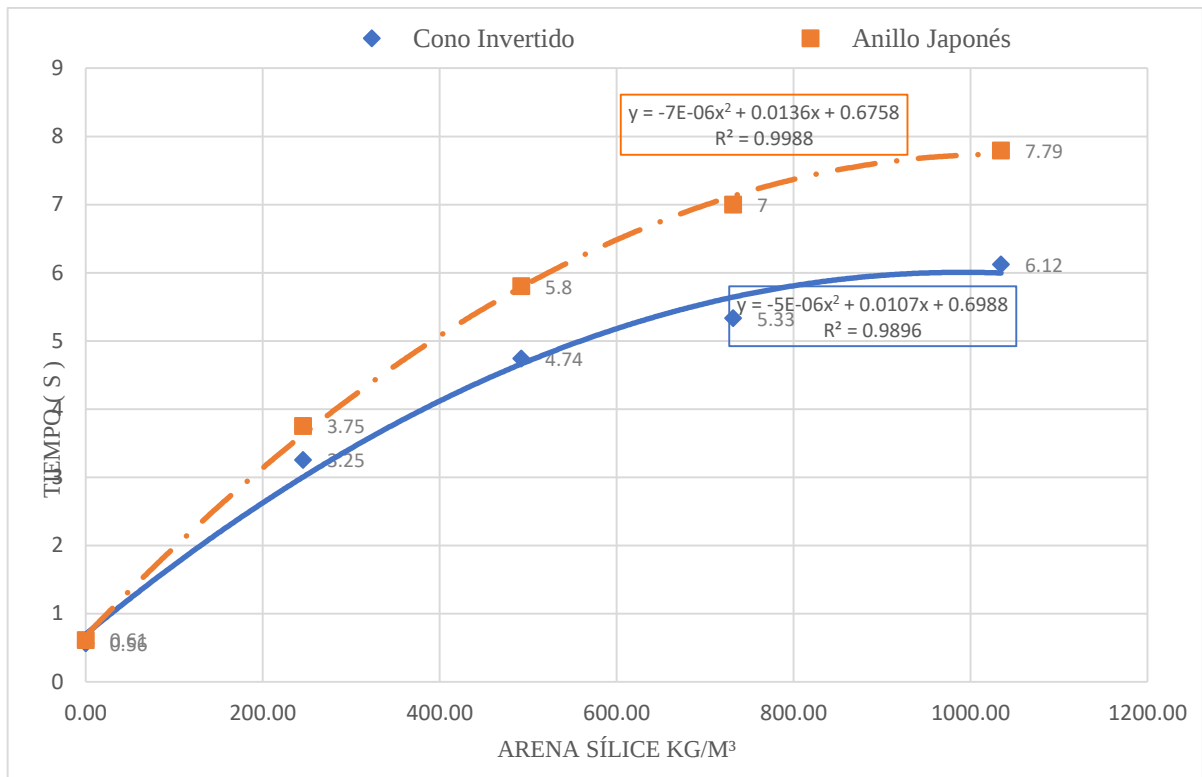


Figura IV-2: Gráfica, Tiempo - Arena Sílice de los ensayos Cono Invertido y Anillo Japonés.

Se observó una proporcionalidad entre los tiempos en que la mezcla alcanza su máximo diámetro para el ensayo de Cono Invertido y para el ensayo de Anillo Japonés.

Para el anillo japonés el tiempo es mayor para cada cantidad de arena sílice debido a la obstrucción y a la capacidad de paso de la mezcla que se está midiendo a través de las barras, en cambio para el ensayo de cono invertido el flujo corre libremente y la mezcla tarda menos en llegar a su diámetro final.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

IV.1.1.3 Ensayo Caja L. Tiempo en que la mezcla llega a los 20 cm y a los 40 cm en la Caja L con respecto a la variación de la Arena Sílice.

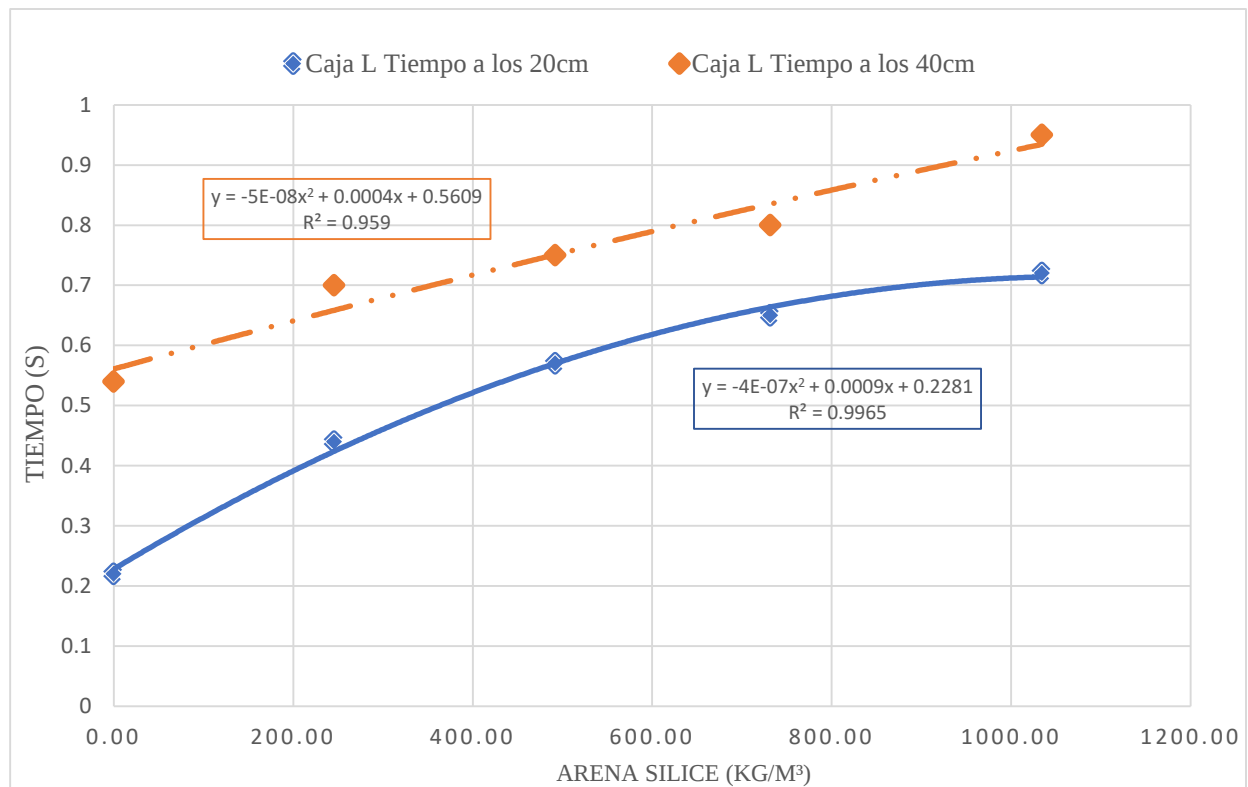


Figura IV-3: Gráfica, Tiempo - Arena Sílice del ensayo Caja L.

Se observó un aumento en el tiempo de fluidez de la mezcla a medida que se aumentó la cantidad de arena sílice para los tiempos T 20 cm y T 40 cm. Se mantiene una proporcionalidad entre los tiempos medidos a todo lo largo de la caja L.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

IV.1.1.4 Ensayo Caja L. Δ Tiempo entre los 20 cm y 40 cm de la Caja L con respecto a la variación de la Arena Sílice.

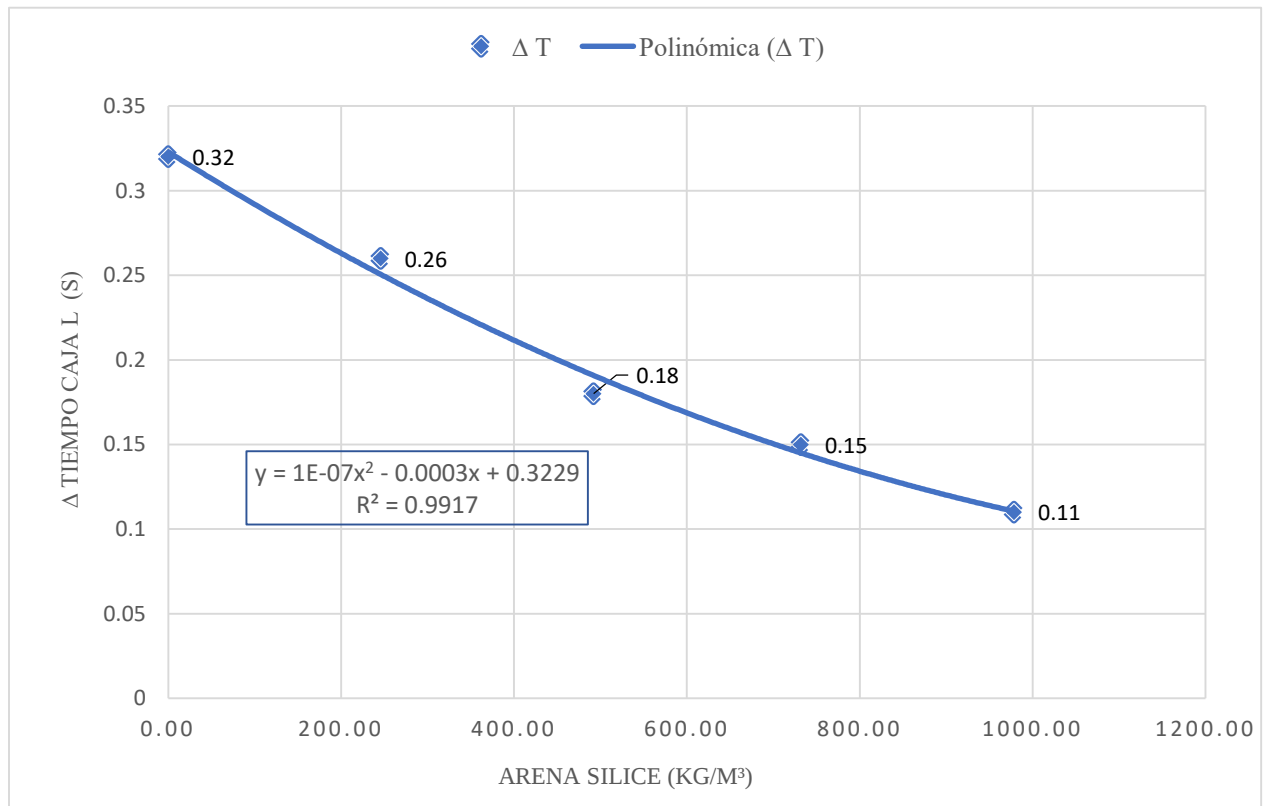


Figura IV-4: Gráfica, Δ Tiempo - Arena Sílice del ensayo Caja L.

Se apreció una disminución en la diferencia entre los tiempos medidos a los 20 cm y 40 cm de la Caja L a medida que se aumentó la cantidad de arena sílice, esto quiere decir que como la distancia es constante se aumenta la velocidad de paso.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen sílice.

IV.1.1.5 Ensayo K Slump. Mediciones del K Slump con respecto a la variación de la arena sílice.

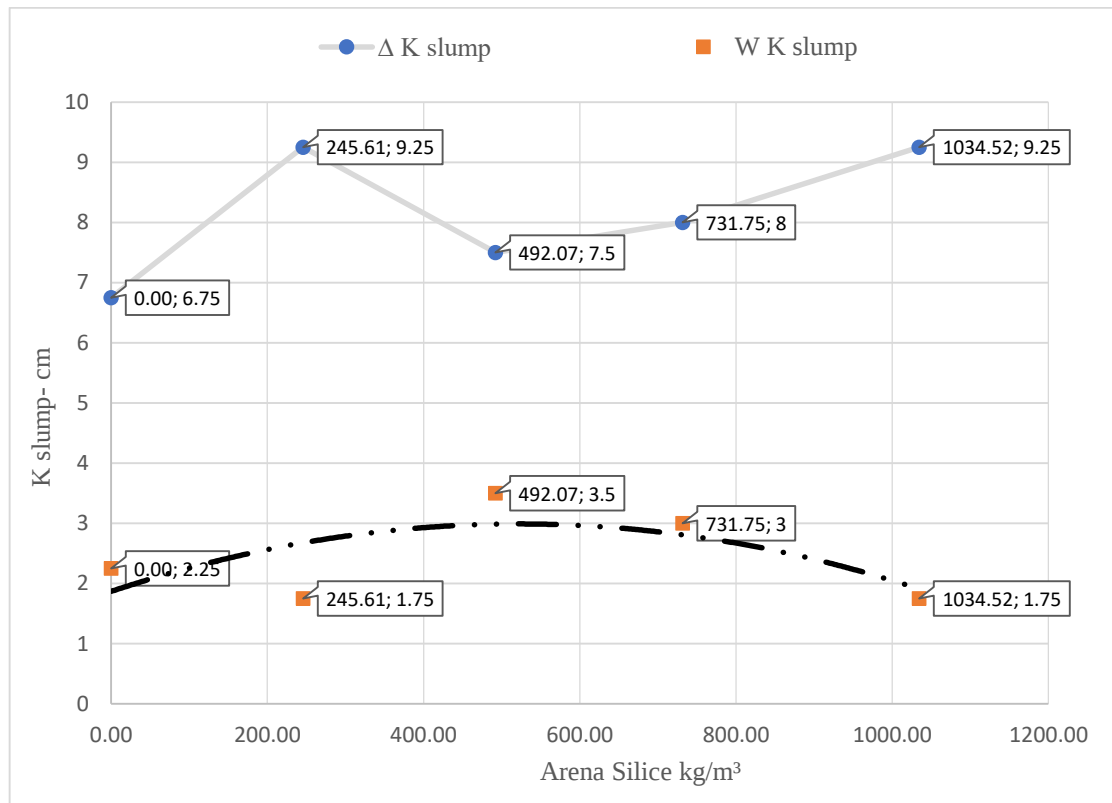


Figura IV-5: Gráfica, Mediciones Ensayo K Slump - Variación de la Arena Sílice.

(W) es la segunda lectura, la que se tomó una vez que se sacó el vástago de la mezcla, este valor es una medida de la trabajabilidad y compactación; al incrementar el valor (W) esto mejorará la trabajabilidad y compactación del concreto según (ASTM C 1362-62, 2002).

Se observó que para los primeros 3 vaciados con 0 kg de sílice, 5 kg de sílice y 10 kg de sílice esta tendencia de aumento de (W) se cumple, pero luego descende hasta llegar a los 20 kg de sílice. (K) es el primer valor que se toma cuando el vástago se encuentre dentro de la mezcla y en la gráfica se puede observar el ΔK (diferencia entre W y K), el K no se graficó ya que la mezcla era tan fluida que no tuvo medición, el valor máximo del k slump es 11 cm, se colocó este último valor como referencia para poder obtener un ΔK . La diferencia entre “K” y

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

“W” no deberá exceder de 2.0. Según (ASTM C 1362-62, 2002). En este caso los valores son mucho mayor, hasta 9.25 cm de medición.

IV.1.1.6 Ensayos Cono Invertido, Anillo Japonés. Relación entre el tiempo y los diámetros a los cuales la mezcla alcanzó su máxima fluidez.

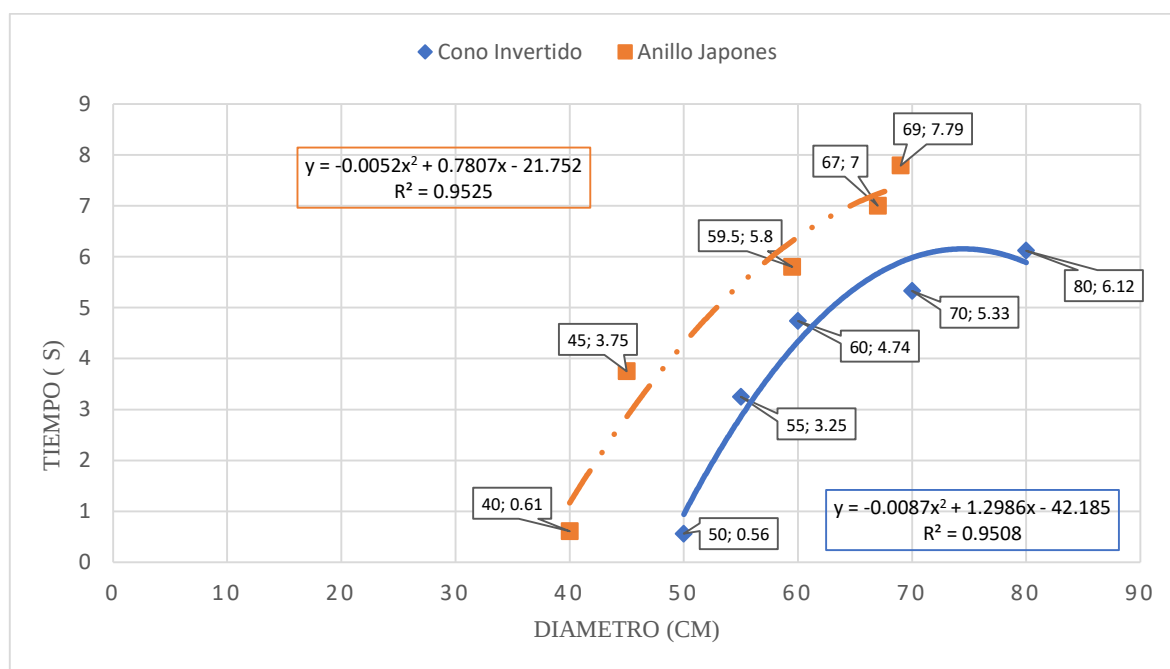


Figura IV-6: Gráfica – Tiempo vs Diámetro, Ensayos Cono Invertido y Anillo Japonés.

Se observó que, a mayores diámetros de fluidez, se tiene valores incrementales en el tiempo, esto debido a que la mezcla es más fluida y el concreto tarda más en llegar a su diámetro final, se apreció una proporcionalidad entre los ensayos del cono invertido y el anillo japonés.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

IV1.2 Grupo 2 Variación de Cemento

IV1.2.1 Ensayo Caja L. Diámetro - Variación de Cemento para 10 kg de arena sílice

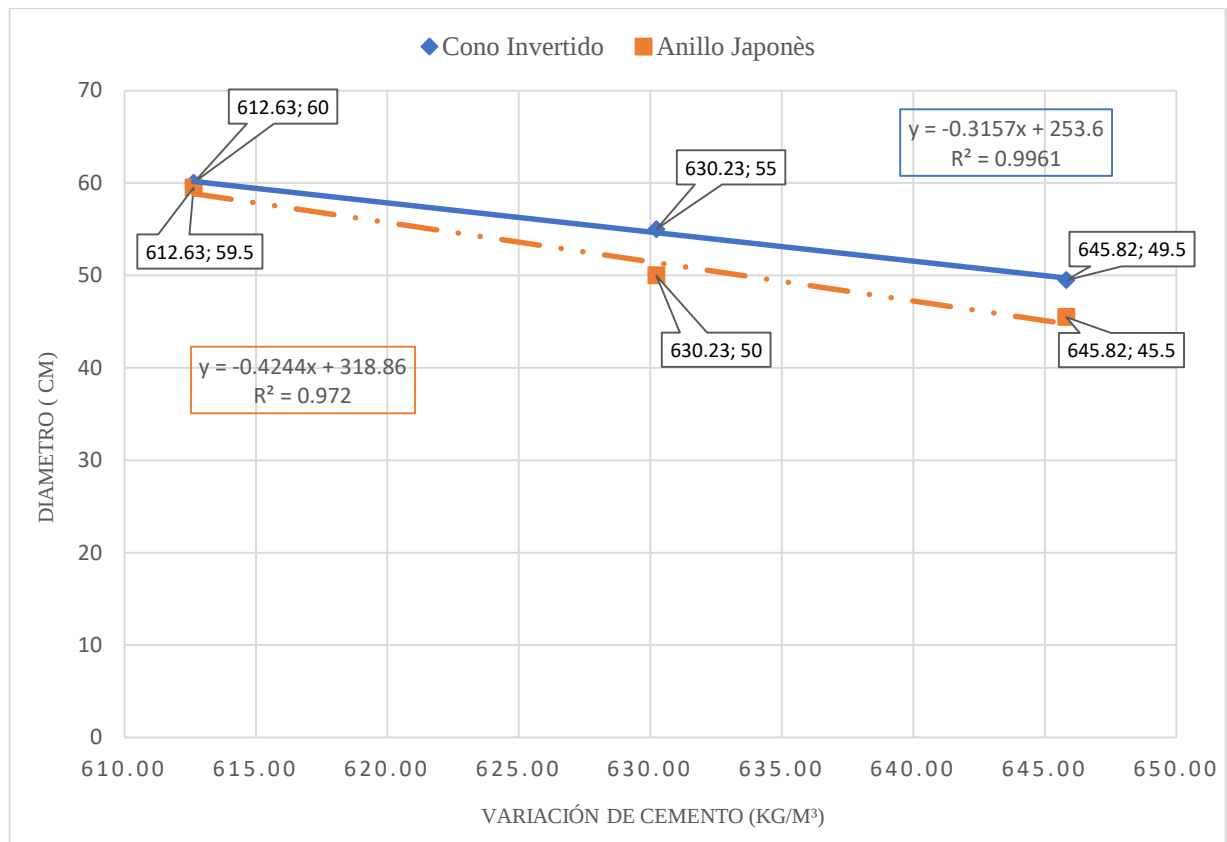


Figura IV-7: Gráfica, Diámetro - Variación de Cemento para los Ensayos Cono Invertido y Anillo Japonés.

La figura IV.7 permitió apreciar que a mayor cantidad de cemento los diámetros de fluidez de la mezcla fueron disminuyendo, hasta llegar a 45.5 cm de diámetro como el menor valor medido en este caso por el anillo, es decir, la adición extra de cemento sin ningún cambio de otra variable hizo que la mezcla fuera menos fluida. Se observó una tendencia muy

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

parecida entre ambas curvas con la diferencia que para el ensayo del anillo japonés los diámetros son menores.

IV1.2.2 Ensayos Cono Invertido, anillo japonés. Tiempo vs variación de cemento para 10 kg de arena Sílice.

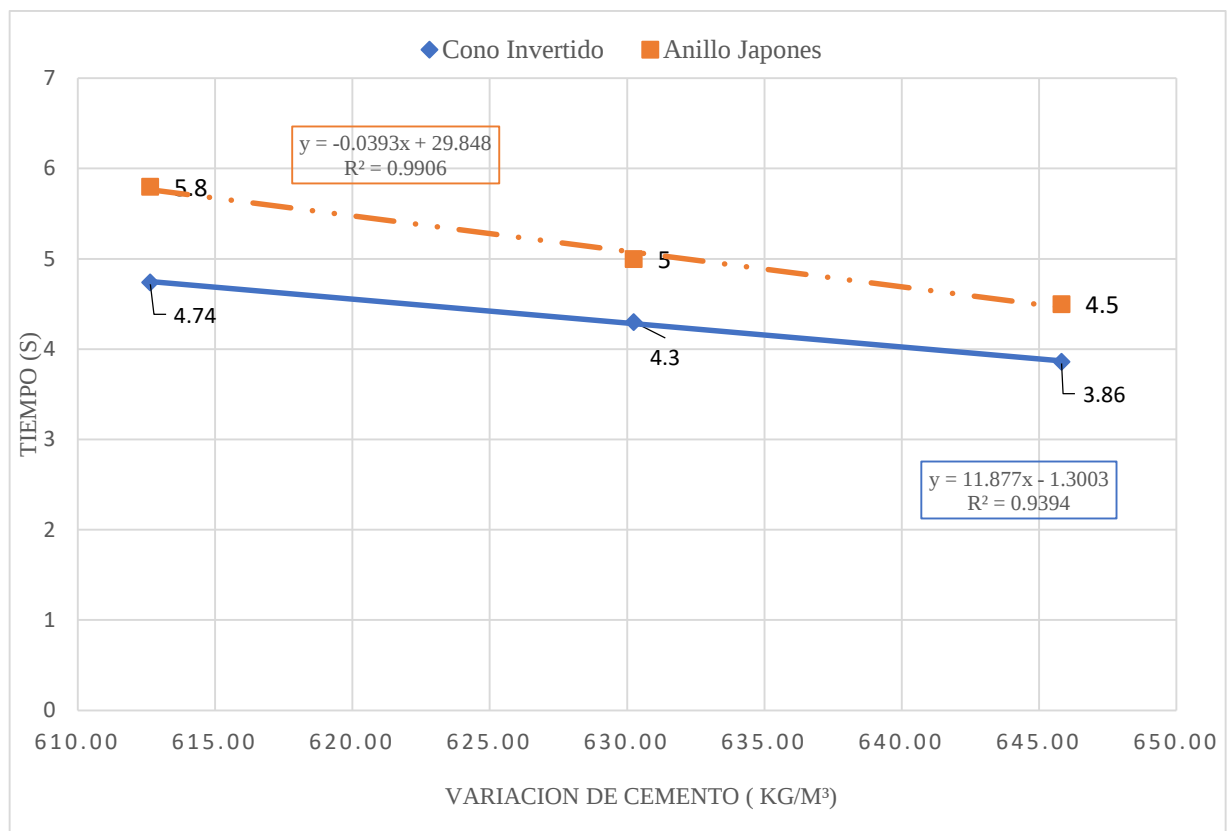


Figura IV-8: Grafica, Tiempo vs Variación de cemento para 10 kg de arena sílice.

En la figura IV.8 se observó que a mayor cantidad de cemento el tiempo en que la mezcla alcanza su diámetro de mayor fluidez fue menor, esto debido a que la mezcla se hizo menos fluida con la adición de cemento.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

IV1.2.3 Ensayo Caja L, Tiempo T20, T40 respecto a la variación de Cemento para 10 kg de arena sílice

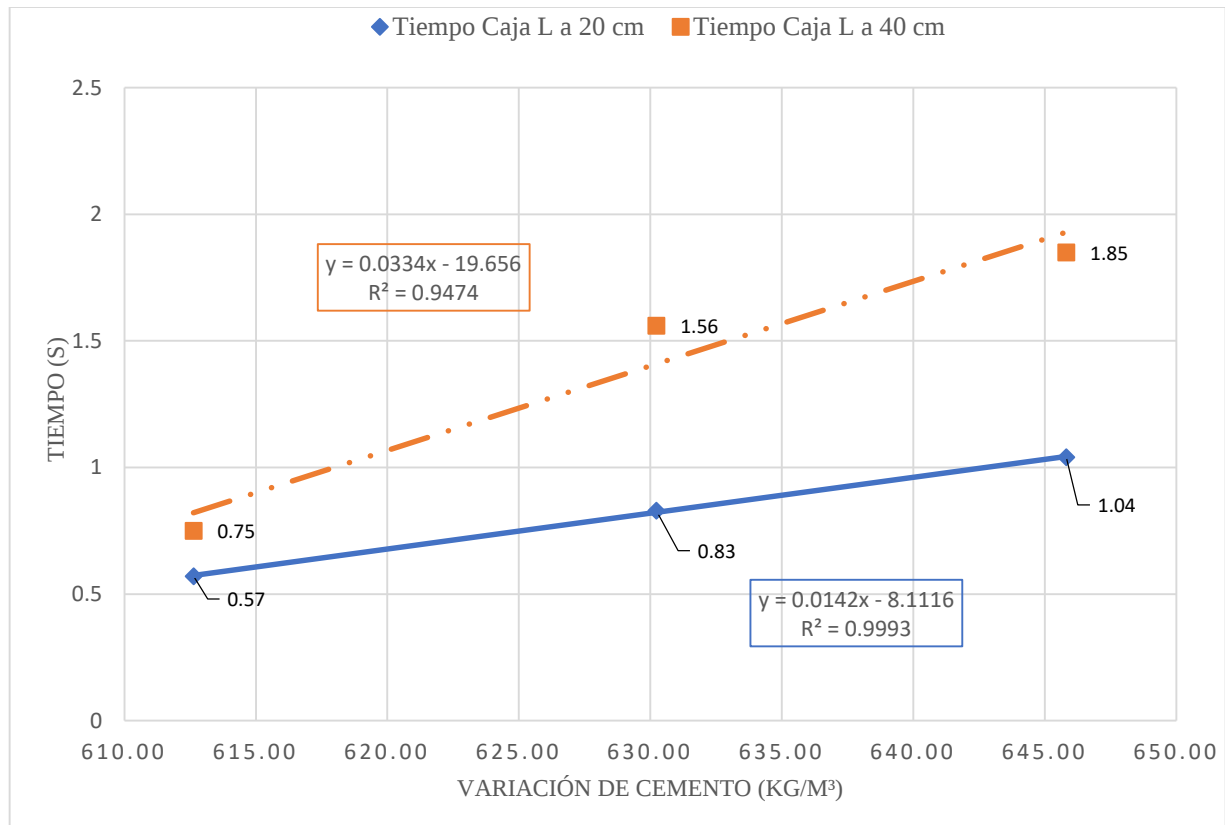


Figura IV-9: Gráfica, Tiempo - Variación de Cemento, Ensayo Caja L.

En la figura IV.9 se pudo apreciar que a mayor cantidad de cemento el tiempo en que la mezcla llega a los 20 cm y 40 cm a lo largo de la caja L es mayor, esto debido a que si la mezcla es menos fluida su recorrido hasta llegar al final de la caja será más lento.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

IV1.2.4 Ensayo K Slump, mediciones del K Slump con respecto a la variación de Cemento para 10 kg de arena sílice

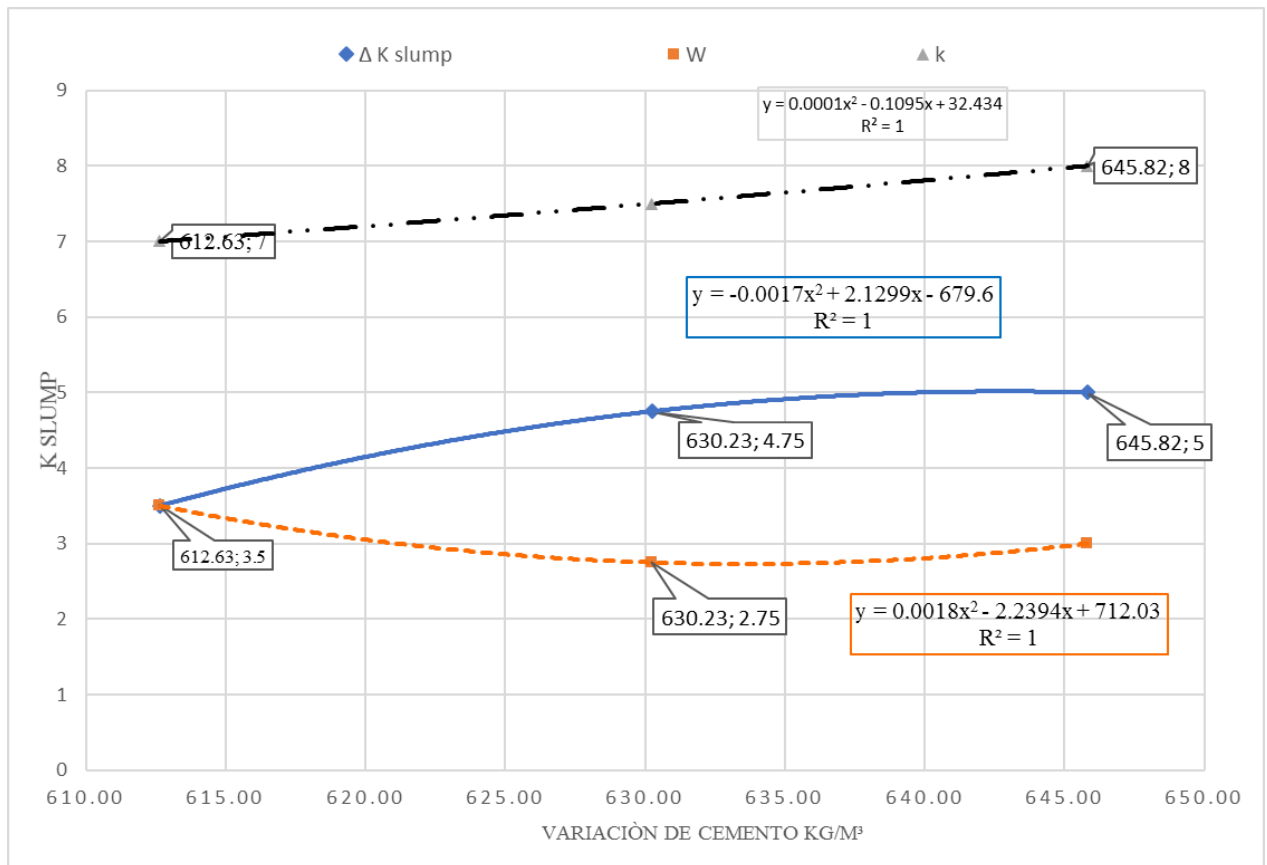


Figura IV-10: Grafica, Mediciones Ensayo K Slump - Variación de Cemento.

En la figura IV.10 se observa que a mayor cantidad de cemento la variable (W) disminuye y luego aumenta sin alcanzar el primer valor, para el ΔK , esta vez sí fue posible medir (K), esto nos indicó que la mezcla es menos fluida comparando con la Figura IV-4, La diferencia entre “K” y “W” no deberá exceder de 2.0 Según (ASTM C 1362-62, 2002). En este caso siguió sin cumplir esta condición, aunque estuvo más cerca del valor ideal.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

IV 1.2.5 Variación de cemento vs relación agua cemento

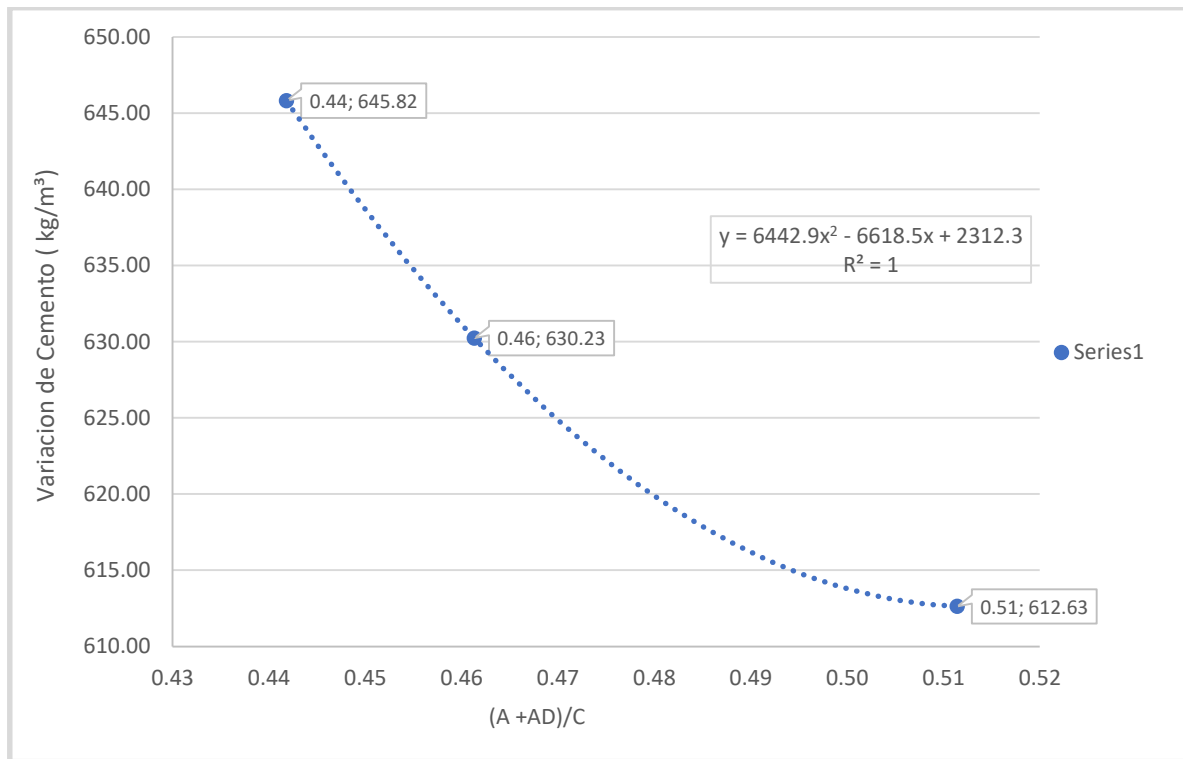


Figura IV-11: Relación Agua cemento vs variación de cemento (kg/m³).

A mayor cantidad de cemento la relación agua - cemento disminuye

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

IV 1.2.6 Ensayos Cono Invertido y Anillo Japonés. Variación del diámetro de fluidez de la mezcla con respecto a la relación agua cemento.

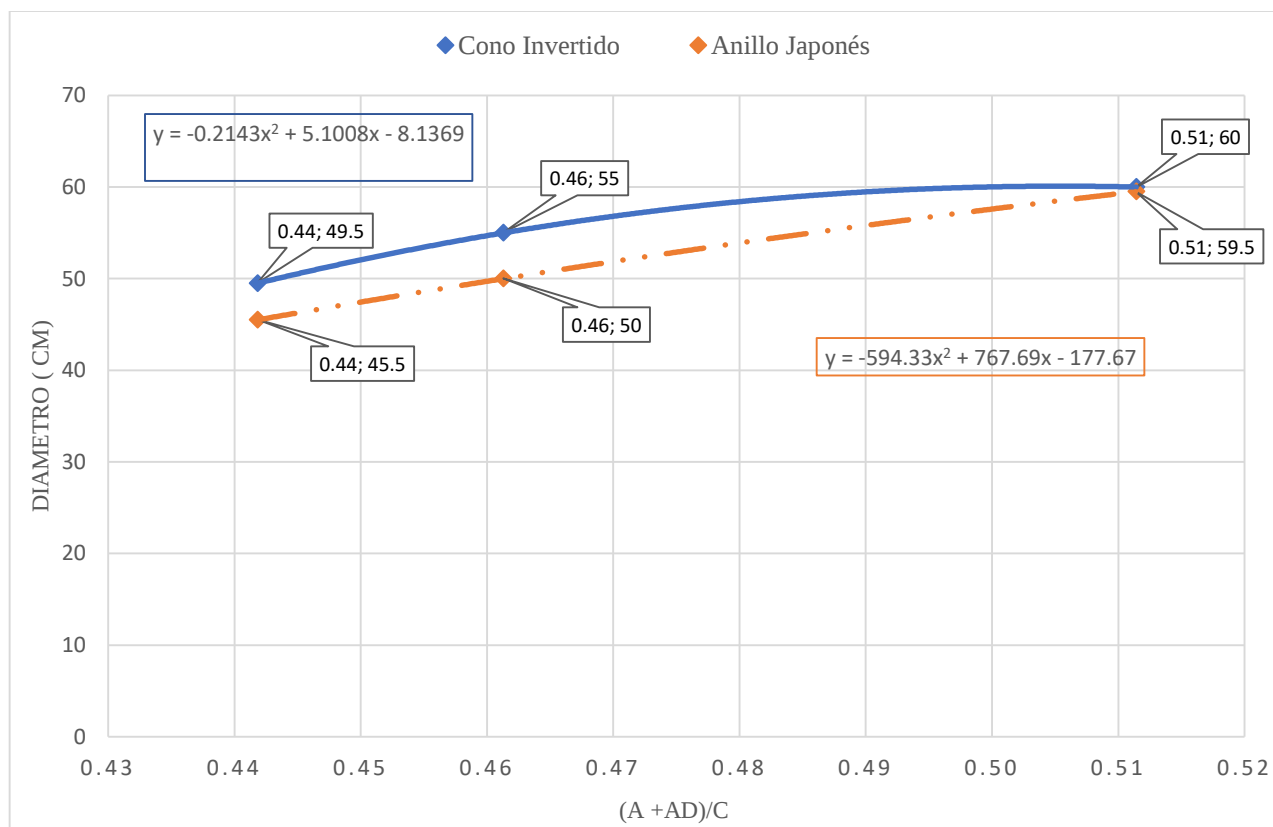


Figura IV-12: Diámetro – relación agua Cemento.

Se observa que a mayor relación agua cemento el diámetro de fluidez del concreto es mayor. A medida que se adicionaba más cemento a la mezcla, la relación agua cemento fue disminuyendo y por ende la mezcla fue menos fluida, en este caso el análisis correcto sería que a menor relación de agua cemento se tendrá menores diámetros de fluidez.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

IV1.2.7 Ensayo Caja L, Variación de tiempo con respecto a la relación agua cemento

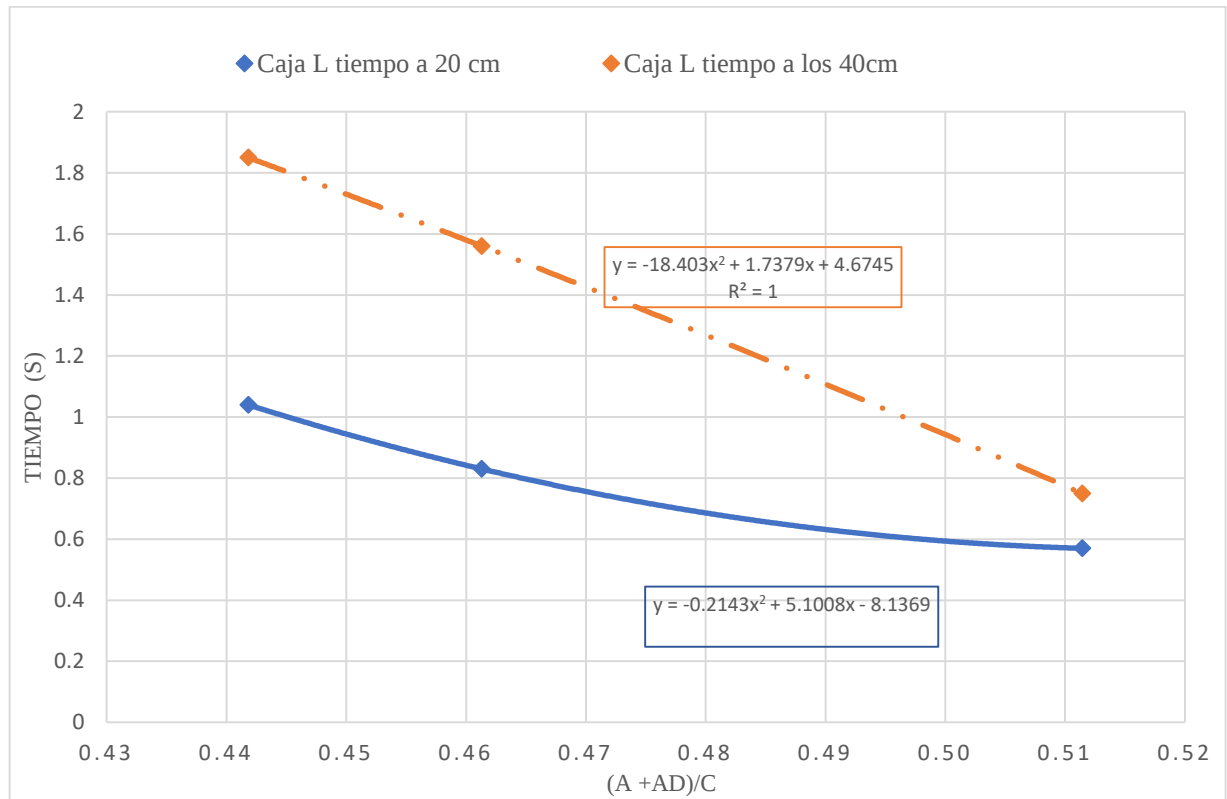


Figura IV-13: Grafica Tiempo – Relación agua cemento.

En la figura IV- 13 se apreció una disminución en el tiempo de fluidez de la mezcla a medida que la relación agua cemento aumenta.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

IV. 3 Comparación entre los resultados obtenidos y los parámetros establecidos por la norma (EFNARC Especificaciones y directrices para el Hormigón autocompactable – HAC febrero 2002)

	Ensayo	Arena Sílice (Kg)	Anillo Japonés Diámetro (Cm)	Extensión del Flujo Diámetro (cm)	Caja L h2/h1	La mezcla es fluida según EFNARC (2002)
			Valor mínimo 65 cm - Máximo 80 cm	Valor mínimo 65 cm - Máximo 80 cm	Valor mínimo 0.80 - Máximo 1	
Grupo 1	Patron	0	40	50	0.310	No es fluida
	1	5	45	55	0.690	No es fluida
	2	10	59.5	60	0.650	No es fluida
	3	15	67	70	0.800	Si es fluida
	4	20	69	80	0.800	si es fluida
Grupo 2	5	10	50	55	0.710	No es fluida
	6	10	45.5	49.5	0.400	No es fluida

Tabla IV-2: Comparación entre los resultados obtenidos y los parámetros establecidos por EFNARC 2002.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla IV-2 se observa que según la norma EFNARC 2002 las mezclas **3** (15 kg de Arena sílice) y **4** (20 kg de arena sílice) son las únicas que cumplen con los requisitos para obtener una mezcla fluida óptima.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

IV.2 Gráficas y resultados de los ensayos del concreto endurecido

IV.2.1 Esfuerzo – deformación. Grupo 1

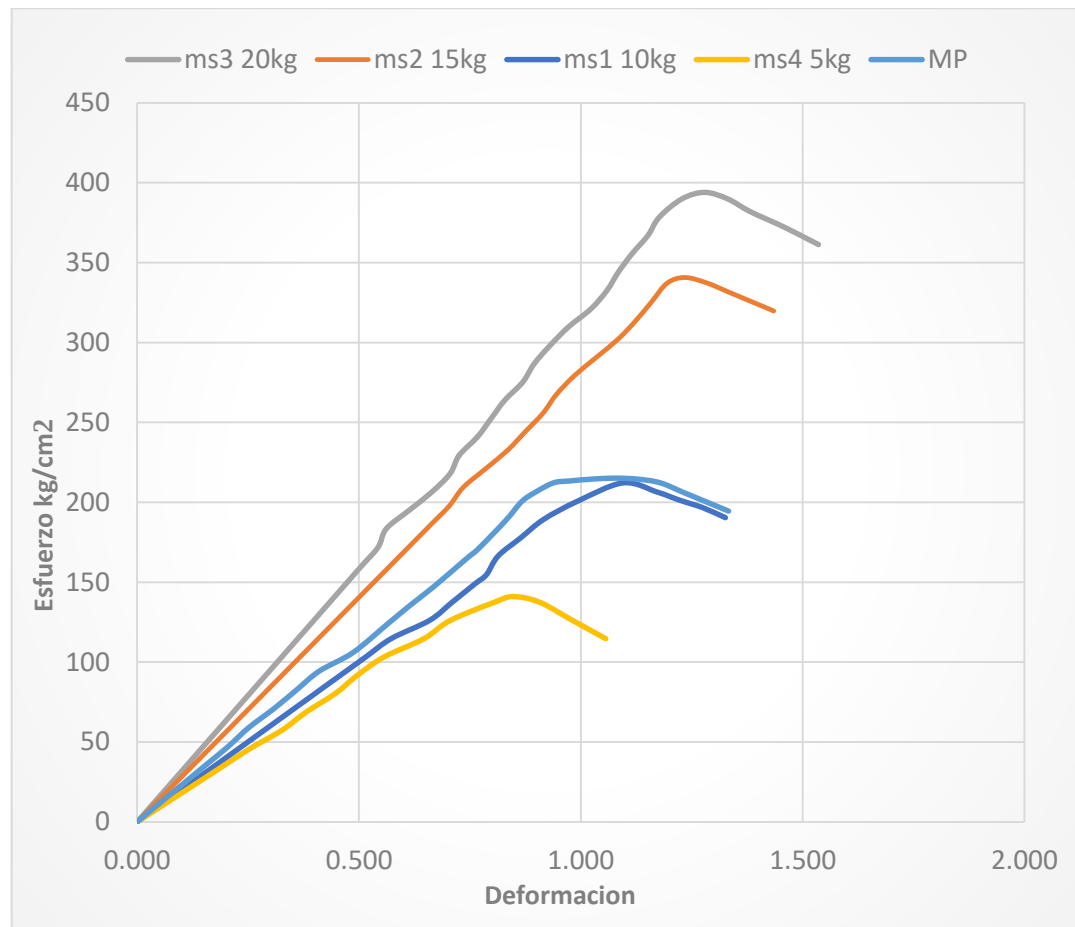


Figura IV-14: Grafica Tiempo – Relación agua cemento.

En la figura IV-14 se presentan los ensayos a compresión del grupo 1 en el que se determinó que la mezcla con mayor contenido de sílice fue la que logró mejor comportamiento y mayor resistencia, obtuvo hasta 390 kg/cm² de resistencia, en cambio la mezcla con menor cantidad de sílice (5 kg) y 20 kg de arena natural, obtuvo una resistencia máxima de 149 kg/cm².

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

IV.2.2 Esfuerzo – deformación. Grupo 2

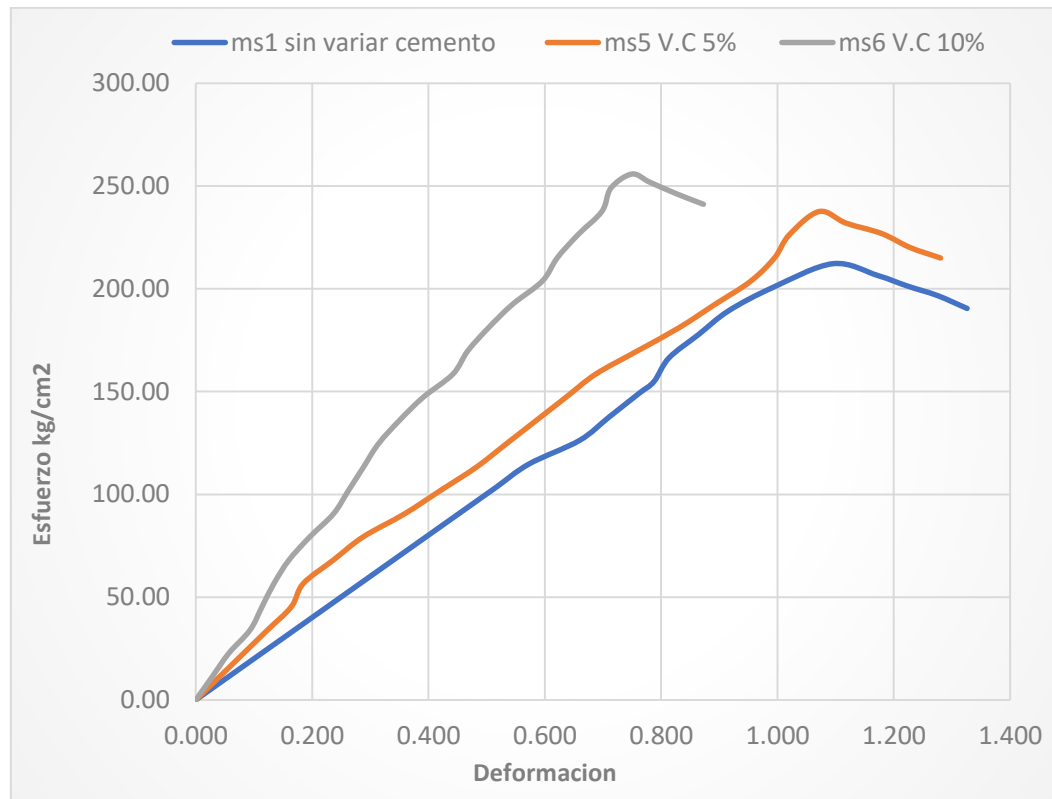


Figura IV-15: Grafica Tiempo – Relación agua cemento.

En la figura IV-15 se presentan los ensayos del grupo 2 que fueron sometidos a ensayo de compresión, en el que se determinó que la mezcla con mayor contenido de cemento 13.695 kg y 10 kg de arena sílice fue la que obtuvo mejor comportamiento y mayor resistencia, 251 kg/cm². En cambio, la mezcla con menor cantidad de cemento 12.450 kg y 10 kg de arena natural obtuvo una resistencia máxima de 221 kg/cm².

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

IV.2.3 Esfuerzo de todos los ensayos.

N°	CAMPO	Arena Silíce	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	EDAD días	PESO	DIAMETRO	ALTURA	AREA	PESO	CARGA DE	ESFUERZO
						(kg)	cm	cm	cm ²	UNITARIO (Kg/m ²)	ROTURA kgf	Kgf/cm ²
1	MP.1	0	16/05/17	19/06/17	34	12.01	14.8	29.9	172.03	2.335	47.200	274
2	MP.2	0	16/05/17	20/06/17	35	12.09	15	30	176.72	2.281	52.800	299
3	MP.3	0	16/05/17	20/06/17	35	12.03	14	30	153.94	2.605	50.000	325
4	MP.S	0	16/05/17	20/06/17	35	12.18	14.9	30	174.37	2.328	0	0
5	MS4.1	5	16/05/17	20/06/17	35	12.56	14.9	29.9	174.37	2.409	25900	149
6	MS4.2	5	16/05/17	21/06/17	36	12.56	15	30	176.72	2.369	48000	272
7	MS4.3	5	16/05/17	21/06/17	36	12.56	15	29.9	176.72	2.377	32.803	186
8	MS4.S	5	16/05/17	21/06/17	36	10.10	14.9	25.2	174.37	2.299	0	0
9	MS1.1	10	16/05/17	21/06/17	36	12.43	15	30	176.72	2.344	33800	191
10	MS1.2	10	16/05/17	21/06/17	36	12.52	14.9	30	174.37	2.393	38800	223
11	MS1.3	10	16/05/17	21/06/17	36	12.47	14.9	30	174.37	2.385	41626	239
12	MS1.S	10	16/05/17	21/06/17	36	12.50	14.8	25	172.03	2.906	0	0
13	MS2.1	15	12/05/17	21/06/17	40	12.49	14.8	29.8	172.03	2.436	38.900	226
14	MS2.2	15	12/05/17	21/06/17	40	12.49	14.8	29.9	172.03	2.428	66.200	385
15	MS2.3	15	12/05/17	21/06/17	40	12.49	14.9	29.9	174.37	2.395	52.300	300
16	MS2.S	15	12/05/17	21/06/17	40	12.49	14.9	26	174.37	2.755	0	0
17	MS3.1	20	18/05/17	21/06/17	34	12.49	14.9	29.8	174.37	2.404	68.000	390
18	MS3.2	20	18/05/17	21/06/17	34	12.49	15	29.8	176.72	2.372	62.800	355
19	MS3.3	20	18/05/17	21/06/17	34	12.49	15	30	176.72	2.356	67.350	381
20	MS3.S	20	18/05/17	21/06/17	34	12.49	15	19.4	176.72	3.643	0	0
21	MS5.1 V-C	10	18/05/17	21/06/17	34	12.49	15	30	176.72	2.356	40.600	230
22	MS5.2 V-C	10	18/05/17	21/06/17	34	12.49	14.9	30	174.37	2.388	43.800	251
23	MS5.3 V-C	10	18/05/17	21/06/17	34	12.49	15	29.9	176.72	2.364	41.399	234
24	MS5.S V-C	10	18/05/17	21/06/17	34	12.49	15	27.4	176.72	2.579	0	0
25	MS6.1 V-C	10	18/05/17	21/06/17	34	12.49	15	29.9	176.72	2.364	45.200	256
26	MS6.2 V-C	10	18/05/17	21/06/17	34	12.49	15	29.9	176.72	2.364	57.400	325
27	MS6.3 V-C	10	18/05/17	21/06/17	34	12.49	15	30	176.72	2.356	51.300	290
28	MS6.S V-C	10	18/05/17	21/06/17	34	12.49	14.9	30	174.37	2.388	0	0

Tabla IV-3: Esfuerzo de todos los ensayos.

Fuente: Elaboración Propia

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

CAPITULO V

Conclusiones

Se realizó el estudio de las propiedades reológicas del concreto fluido de resistencia controlada, desarrollado con piedra picada, arena natural y fino de origen silíceo, evaluado con base al comportamiento reológico. A continuación, se exponen las conclusiones de los resultados obtenidos:

En las gráficas de los ensayos del anillo japonés y extensibilidad del flujo se observó una proporcionalidad en sus curvas casi paralelas, la diferencia más destacable fue que los diámetros obtenidos en el ensayo de extensibilidad del flujo (que se midió a través del método de cono invertido), fueron mayores que los obtenidos por el anillo japonés, esto se debe a que el anillo presenta obstrucciones (las barras) que miden la capacidad de paso del fluido, a diferencia del método del cono invertido en el que el flujo se deslizó libremente sobre la plancha, lo ideal es que se presentara un paralelismo, ya que ambos ensayos presentan las mismas condiciones a diferencia de las barras en el anillo, en la mayoría de las gráficas esta tendencia se puede observar y en otras se aleja un poco más, esto último puede ser debido a errores humanos a la hora de tomar el tiempo en el que flujo llega a su diámetro final.

En los ensayos de la caja L siempre se mantuvo una proporcionalidad para los tiempos medidos a los 20 cm y 40 cm a lo largo de su extensión, Siendo la diferencia entre estos tiempos menor a medida que se aumenta la cantidad de sílice, es decir la mezcla es más fluida, esto para el grupo 1 (variación de sílice), mientras que para el grupo 2 (variación de cemento) el tiempo aumenta a medida que se incrementó la cantidad de cemento ya que la mezcla fue menos fluida.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen síliceo.

En las gráficas del K Slump se observó mucha dispersión en sus valores obtenidos para el grupo 1, esto debido a un principal inconveniente y es que el aparato K Slump tiene una capacidad máxima de medición de 11 cm y en la mayoría de los casos la mezcla era tan fluida que este valor no se pudo medir, arrojando resultados que no eran coherentes, se buscaron antecedentes de medición de mezclas autocompactables con el aparato K Slump y no se encontró ningún registro, solo existen estudios referidos al asentamiento del concreto convencional, se puede decir, que el aparato K Slump no es ideal para mediciones de concreto autocompactables o por lo menos no en este caso, con los materiales y granulometrías presentados en este proyecto. Para el grupo 2 los parámetros establecidos por la (ASTM C 1362-62, 2002) tampoco se cumplieron, aunque los valores se acercaron mucho más a los aceptables, esto ya que la mezcla era menos fluida y con esto se pudo corroborar que el aparato es ideal para mediciones con mezclas que tengan asentamiento convencional y no para mezclas autocompactables.

A medida que se fue aumentando la cantidad de arena sílice y se disminuyó la cantidad de arena natural se evidencio que la mezcla era más fluida, esto puede demostrarse en los gráficos en los que se representa la cantidad de arena sílice con relación a los diámetros medidos, en los que, por ejemplo, una mezcla con 20 kg (1043.52 kg/m^3) de arena sílice arrojó un diámetro máximo de 80 cm y la mezcla con menor cantidad de sílice 5 kg (245.61 kg/m^3) arrojó un valor máximo de dispersión de 50cm. (figura IV 1)

Con el tiempo (s) pasa algo particular, para el ensayo del cono invertido (Figura IV.2) la mezcla con 20 kg (1043.52 kg/m^3) de arena sílice tuvo mayor tiempo de dispersión que la mezcla con 5 kg (245.61 kg/m^3) de arena sílice, se puede asociar entonces que a mayores tiempos, mayor será su fluidez, pero cuando se compara las mismas cantidades con el ensayo del anillo japonés los tiempos aumentan y los diámetros son menores, es decir la mezcla es menos fluida pero el tiempo aumenta, esto sucede ya que debido a la obstrucción impuesta por el anillo Japonés (las barras) la mezcla tarda más en llegar a su estado final de extensión. Es

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

decir, no se puede establecer si una mezcla es fluida o no, solamente con el dato del tiempo de su extensión, deben tomarse en cuenta todos los factores estudiados.

Para los ensayos de la mezcla en estado endurecido se evidencio que a mayor cantidad de sílice se obtuvieron mayores resistencias, siendo en este sentido la de menor resistencia la mezcla numero **1** (5 kg de sílice) con 149 kg/cm^2 y la de mayor resistencia la mezcla con mayor cantidad de sílice (20 kg) 390 kg/cm^2 .

Tomando en cuenta todos los parámetros estudiados, las mezclas que presentaron mejor comportamiento y cumplieron con las características de un buen concreto autocompactable tanto en estado fresco como en estado endurecido según las referencias, fueron aquellas en las que se adiciono mayor cantidad de sílice, 15 kg y 20 kg respectivamente, además cumplieron con las resistencias establecidas 385 y 390 kg/cm^2 .

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen síliceo.

VI) Recomendaciones

Según los resultados obtenidos, para estudios futuros, debe tenerse máximo cuidado y precisión al momento de tomar datos manualmente para así evitar errores en las curvas y garantizar que estas presenten un paralelismo, que sería lo ideal en el caso del cono y anillo japonés.

Para el grupo 2 las resistencias efectivamente aumentaron a medida que se aumenta la cantidad de cemento, pero la mezcla es menos fluida. Se espera que este comportamiento sea igual para cada una de las mezclas realizadas, es decir para 5kg, 15kg y 20 kg de arena sílice, será necesario realizar estudios posteriores que confirmen esta información.

Para esta investigación se determinó que la medición con el K Slump no era ideal, pero esto no confirma ni establece que para concretos autocompactables el aparato K Slump no aplica, será necesario realizar más estudios, como por ejemplo mezclas con otras granulometrías, para llegar a una conclusión más precisa.

Se debe realizar un futuro estudio y optimizar el diseño de mezcla entre las cantidades de arena sílice de 15 kg y 20 kg respectivamente, en el que se tengan más ensayos y medidas.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

BIBLIOGRAFÍA

- **ASTM, “ANUAL BOOK OF ASTM STANDARDS: CONCRETE AND MINERAL AGGREGATES”, 1985.**
- **CONTRERAS, J., “CONCRETO, ESTRUCTURAS ELEMENTALES.”, REG. DEPROP. EN TRÁMITE, MÉXICO.**
- **EFNARC, “SPECIFICATION AND GUIDELINES FOR SELF-COMPACTING CONCRETE”, NOVIEMBRE 2002.**
- **INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, “PRÁCTICA PARA DOSIFICAR CONCRETO NORMAL, CONCRETO PESADO Y CONCRETO MASIVO”, IMCYC, MEXICO 1986, pp. 108**
- **MENDOZA C., “CONCRETOS FABRICADOS CON ARENAS Y GRAVAS CALIZAS DISPONIBLES EN EL D.F., INSTITUTO DE INGENIERIA, UNAM, MÉXICO 1995.**
- **OKAMURA, H., “CONCRETO AUTOCOMPACTANTE DE ALTO COMPORTAMIENTO”, ACI MATERIALS JOURNAL, 1996.**

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

- SONEBI M., TAMIMI A. Y BARTOS P., **“PERFORMANCE AND CRACKING BEHAVIOR OF REINFORCED BEAMS CAST WITH SELF-COMPACTING CONCRETE”**, ACI MATERIALS JOURNAL, DICIEMBRE 2003, pp. 492-499.
- **“FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL Y PROPIEDADES EN SITIO DEL CONCRETO AUTOCOMPACTABLE USADO PARA LA ELABORACIÓN DE COLUMNAS ALTAMENTE REFORZADAS”**, ACI MATERIALS JOURNAL.

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.

ANEXOS.

A continuación, se presenta un registro fotográfico durante la elaboración del TEG:

A 1 Proceso ensayos del concreto en estado fresco



a Preparación de la mezcla



b ensayo extensión del flujo



c Ensayo Anillo Japonés

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada desarrollado con piedra picada y fino de origen silíceo.



d Ensayo Caja L



e



f

e Concreto en estado fresco. **f concreto** en estado endurecido ensayado llevado a su rotura.