



**UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

TESIS

DISEÑO DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTABLE

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autores

BACH. RABANAL GONZALES, DIANA CAROLINA

BACH. SU CHAQUÍ, ALEXANDER RAFAEL

Pimentel, Abril de 2017

Diseño de un Concreto Autocompactable

MSc. José Zuloaga Cachay

Asesor metodólogo

Ing. Ruiz Saavedra Nepton

Asesor especialista

MSc. Coronado Zulueta Omar

Presidente del Jurado de tesis

MSc. Carmen Chilón Muñoz

Secretario del jurado de tesis

Ing. Ruiz Saavedra Nepton

Vocal del jurado de tesis

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado la fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios, quien ha hecho posible su finalización y me ha dado muchísimas bendiciones en mi vida, me ha guiado y protegido durante estos años de estudio y principalmente, ha sido Él quien me ha brindado la sabiduría para conducirme por la vida. También dedico este trabajo a mis padres: María Edisa Gonzales Vela y Segundo Efraín Rabanal Zelada, porque han estado a mi lado a lo largo de mi vida y han sido mi apoyo y la luz en mi vida, porque nunca perdieron su confianza en mí, porque me han apoyado y educado en todo momento, porque gozaron en mis triunfos y se entristecieron en mis fracasos y me dieron fuerzas para continuar cada día. A mis hermanos: Pamela, Fran y Dulce por su ayuda y apoyo incondicional durante toda mi vida, por compartir conmigo momentos buenos y malos. A mi familia en general, que me han brindado su apoyo en todo momento.

Diana Carolina Rabanal Gonzales.

A Dios, por brindarme la fuerza necesaria y no dejarme tropezar ante las adversidades. A mis padres Patricia Chaquí Castillo y Johny Maita Chavarry, por darme la oportunidad de desarrollarme como una persona grata y futuro profesional. Al Ingeniero Nepton Ruiz Saavedra, y al metodólogo Msc. José Zuloaga Cachay por el apoyo que nos brindaron todo el tiempo necesario, su calidad profesional e inspiración académica.

Alexander Rafael Su Chaquí

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestra eterna gratitud, a quienes tuvieron la amabilidad, de no escatimar esfuerzo alguno para brindarnos información, sugerencias e ideas, que por sabias y necesarias resultaron imprescindibles para el desarrollo de la tesis que tenemos a cargo.

Al Ingeniero Nepton David Ruiz Saavedra, por su tiempo brindado en el desarrollo de nuestro proyecto de tesis; y para el fundamento de aprender algo más en esta carrera tan excepcional, que por más difícil que sea, sabemos que superaremos todas las barreras puestas en frente y llegaremos a ser ingenieros de éxito para orgullo de nuestras familias.

A la metodóloga Ana Guerrero y metodólogo José Zuloaga por estar pendiente de cada paso que dábamos para que el proyecto de tesis sea estructurado lo mejor posible, por su tiempo y actitud hacia nosotros que de por sí se valora mucho.

INDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPITULO I :PROBLEMA DE INVESTIGACION	
1.1. Situación Problemática.....	15
1.2. Formulación del Problema.....	19
1.3. Delimitación de la investigación	20
1.4. Justificación e importancia de la Investigación.....	20
1.5. Limitaciones de la Investigación.....	20
1.6. Objetivos de la Investigación	20
CAPITULO II :MARCO TEORICO	
2.1. Antecedentes de Estudios:.....	23
2.2. Estado de Arte.....	26
2.3. Base teórica científicas.....	30
2.3.1. Concreto Autocompactable.....	30
2.3.1.1. Definición:.....	30
2.3.1.2. Características.....	31
2.3.1.3. Usos:	31
2.3.1.4. Ventajas:.....	32
2.3.1.5. Limitaciones:.....	32
2.3.2. Componentes de Diseño	32
2.3.2.1. Cemento:.....	32
2.3.2.2. Agregado Fino:.....	33
2.3.2.3. Agregado Grueso:.....	33
2.3.2.4. Agua:	34
2.3.2.5. Aditivo Superplastificante:.....	35
2.3.3. Normatividad	37
2.3.4. Evaluación económica.....	38
2.3.5. Gestión de Seguridad y Prevención de Riesgos	38
2.3.5.1. Control de Calidad:.....	38

2.3.6. Impacto Ambiental.....	38
2.4. Definición de términos básicos.....	38
CAPITULO III :MARCO METODOLOGICO	
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	42
3.1.1. Tipo de Investigación.....	42
3.1.2. Diseño de la Investigación.....	42
3.2. Población y Muestra.....	43
3.2.1. Población:.....	43
3.2.2. Muestra:.....	43
3.3. Hipótesis.....	43
3.4. Variables.....	43
3.4.1. Variable Independiente.....	43
3.4.2. Variable Dependiente.....	43
3.5. Operacionalización.....	43
3.6. Métodos, Técnicas e instrumentos de la recolección de datos.....	46
3.6.1. Métodos de Investigación.....	46
3.6.2. Técnicas de Recolección de Información.....	46
Observación:.....	46
3.6.3. Descripción de los Instrumentos utilizados.....	47
3.7. Procedimiento para la recolección de datos.....	48
3.7.1. Diagrama de Flujo de Procesos.....	48
3.7.2. Descripción de procesos.....	49
3.7.3. Equipos materiales e instrumentos.....	66
3.7.4. Recursos Humanos.....	67
3.7.5. Fórmulas.....	68
3.7.7. Costos de Investigación y Desarrollo.....	72
3.7.8. Normatividad.....	72
3.7.9. Gestión de Riesgos.....	73
3.7.10. Gestión Ambiental.....	73
3.8. Análisis Estadístico e Interpretación de los Datos.....	74
3.9. Principios Éticos.....	74
3.9.1. Ética de la recolección de datos:.....	74
3.9.2. Ética de la publicación.....	74

3.9.3. Ética de la aplicación	74
3.9.4. Código ético de la profesión	75
3.10. Criterios de rigor científico.....	76
CAPITULO IV :ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS	
4.1. Resultados en tablas y figuras	79
4.2. Discusión de resultados.....	105
CAPITULO V :CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. Conclusiones.....	112
5.2. Recomendaciones.....	113
REFERENCIAS	
ANEXOS	

INDICE DE FIGURAS

N° de Figura	Pg.
Figura 1: Acabado de viga después de encofrado	16
Figura 2: Columna con presencia de cangrejas	19
Figura 3: Viga con presencia de cangrejas	20
Figura 4: Anclaje del puente Akashi - Kaikyo	29
Figura 5: Puente Akashi - Kaikyo	29
Figura 6: Caja en L	54
Figura 7: Embudo en V	56
Figura 8: Caja en U	59
Figura 9: Anillo en J	61
Figura 10: CAC probado en Ensayo de Extensibilidad de Flujo	83
Figura 11: Se tomó las medidas de la extensibilidad en forma transversal y longitudinal	83
Figura 12: Equipo para Ensayo de J – Ring, o Anillo Japonés	84
Figura 13: CAC vertido al interior de Cono de Abrams Invertido para desarrollo de ensayo	84
Figura 14: El CAC se deja reposar por unos segundos para luego retirar en Cono para observar la capacidad de paso y relleno con la que trabaja	85
Figura 15: Vertido de CAC al interior del recipiente en forma de embudo	86
Figura 16: Caja “L” en diferentes ángulos comprendida por una columna vertical y un canal horizontal	87
Figura 17: Vertido de CAC al interior de la columna de la caja en sentido vertical	88
Figura 18: Toma de tiempo con cronometro para 20 cm de canal, evaluación de capacidad de relleno	88
Figura 19: Toma de tiempo con cronometro para 40 cm de canal, evaluación de capacidad de relleno	89
Figura 20: Visualización de CAC vertido en todo el tramo del canal, se procede a verificar después la relación de bloqueo tomando medidas en ambos extremos de la caja	89
Figura 21: Caja en U, comprendida de un material rígido no absorbente, comprendida por una compuerta en su parte media que separa ambos lados	90
Figura 22: Vertido de CAC al interior de la Caja en U	91
Figura 23: Apertura de compuerta de la caja en U, evaluación de capacidad de paso	91
Figura 24: Verificación de capacidad de paso	92
Figura 25: Resistencia a la Compresión del CAC	93
Figura 26: Porcentajes de Resistencia a la Compresión	93

Figura 27: Se procede con el ensayo de Ultrasonido respectivo para el concreto	94
Figura 28: Procedimiento de detección de ondas de sonido para el concreto	95
Figura 29: Probeta de CAC con $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ pasando por la prueba de ultrasonido	95
Figura 30: Resultado de velocidad (m/s) y tiempo (microsegundos) de probeta de 500 kg/cm^2 trabajado con ag. Grueso de $\frac{3}{4}$ "	95
Figura 31: Resultado de velocidad (m/s) y tiempo (microsegundos) de probeta B-1 de 280 kg/cm^2 . Trabajado con ag. Grueso de $\frac{3}{4}$ "	96
Figura 32: Resultado de velocidad (m/s) y tiempo (microsegundos) de probeta B-2 de 280 kg/cm^2 trabajado con ag. Grueso de $\frac{1}{2}$ "	96
Figura 33: Ensayo de Ultrasonido realizado con A. Grueso $\frac{3}{4}$ "	97
Figura 34: Ensayo de Ultrasonido realizado con A. Grueso $\frac{1}{2}$ "	97
Figura 35: Porcentaje de aditivo de CAC	99

ÍNDICE DE TABLAS

	N° de tabla	Pg.
Tabla. 1. Línea de Tiempo del CAC		30
Tabla. 2. Límites granulométricos por Agregado fino y grueso		35
Tabla. 3. Diseño de Investigación		43
Tabla. 4. Operacionalización		45
Tabla. 5. Resistencia a la compresión promedio		121
Tabla. 6. Consistencia y asentamientos		121
Tabla. 7. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados		121
Tabla. 8. Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto		122
Tabla 9. Contenido total de aire para el concreto resistente para el concreto		122

RESUMEN

La presente tesis desarrolla los métodos de elaboración de un diseño de concreto con nuevas tecnologías llamado “Concreto Autocompactable (CAC)” el cual busca la solución a abundantes problemas que tiene el concreto en el momento de su vaciado, en su calidad, tipo de acabados, resistencia, vacíos internos, cangregeras visibles, durabilidad, etc., así mismo se hace un énfasis claro en la necesidad de contar con un producto no tan solo de buena calidad, sino también que implique en buscar economía para su éxito en el mercado.

La situación problemática se desarrolla en el país y diversas partes del mundo, todo esto con respecto a temas de concreto puesto en obra, detalla que los errores más comunes con respecto a estructuras radican en su vaciado, compactado y a su trabajabilidad inadecuada, como justificación se planteó la creación de un diseño de mezcla para un concreto que se compacte solo por acción de la gravedad, que es un diseño para producir concreto extremadamente fluido, de tal manera que su fluidez hace que sea fácil de vaciar, rellenar sin requerimiento de vibrado para su colocación y compactación, para dicho alcance se traza el objetivo principal, que fue diseñar un concreto autocompactable para mejorar la calidad de las estructuras de concreto en grandes proyectos de edificación. El marco metodológico, es donde se describe el tipo de investigación, el diseño de investigación es de tipo tecnológica aplicada, población son las mezclas de concreto, muestra son los ensayos establecidos en concreto, las técnicas de recolección de datos fueron observación, análisis de documentos y entrevista, los instrumentos fueron: cuestionarios, guía de documentos y guías de observación, el procesamiento de datos se hizo a través de un diagrama de flujos. Los resultados que se obtuvieron de los ensayos practicados, fueron estudiados y observados detenidamente, de tal forma que así se obtuvieron de forma exacta todos los datos que se necesitaron y llegaron a desarrollar los objetivos planteados anteriormente, llegando a verificar así la justificación de esta investigación.

Por último se manejó todo lo que trata acerca de conclusiones y recomendaciones, en donde detalla para cada objetivo propuesto una conclusión de lo que se logró en el desarrollo de la tesis, así mismo se realizaron las respectivas recomendaciones de cómo se puede desarrollar la tesis para su mejor aprovechamiento y para evitar posibles errores en un desarrollo posterior del mismo.

Palabras claves: Concreto, Autocompactable, Aditivo, Superplastificante, Segregación y Trabajabilidad.

ABSTRACT

This thesis presents the methods of preparation of a concrete design with new technology called "self-consolidating concrete (CAC)" which seeks the solution to numerous problems that the concrete at the time of emptying, as, types of finishes, resistance, internal voids, visible cangregeras, durability, etc., also a clear emphasis on the need for a product not only of good quality, it is made but also involving searching economy for success in the market.

The problematic situation is developed in the country and different parts of the world, all with respect to concrete issues put into work, details that the most common errors with respect to structures lie in their emptying, compacted and their inadequate workability, as justification. Proposed the creation of a mix design for a concrete that is compacted only by gravity, which is a design to produce extremely fluid concrete, in such a way that its fluidity makes it easy to empty, refill without the need for vibration to Their placement and compaction, for this scope, the main objective was to design a self-compacting concrete to improve the quality of concrete structures in large building projects. The methodological framework is where the type of research is described, research design is of applied technological type, population are concrete mixtures, shows are the tests established in concrete, the techniques of data collection were observation, analysis of documents And interview, the instruments were: questionnaires, document guide and observation guides, data processing was done through a flow diagram. The results obtained from the tests carried out were carefully studied and observed, so that all the data that were needed were obtained in an exact way and reached the objectives set out above, thus verifying the justification of this investigation.

Finally in chapter five he handled everything that deals with conclusions and recommendations, detailing for each proposed a conclusion of what was achieved in the development of the thesis, objective likewise the respective recommendations of how they can be made develop the thesis for better use and to avoid possible errors in a later development.

Keywords: Concrete, Self-compacting, additive, superplasticizer, segregation and workability.

INTRODUCCIÓN

El presente desarrollo de tesis se basó en encontrar una solución para los problemas de porosidad pronunciada y/o cangrejeras en las estructuras de concreto a nivel de edificaciones, no sólo se registran éstas fallas en nuestro país, también a nivel internacional donde se han desarrollado diferentes técnicas para contrarrestar este flagelo, (España) (Ingenieros de la Crisis, 2012), (México)(Martínez Arguello, 2000). La investigación fue necesaria para la creación de un diseño de mezcla para un concreto autocompactable, es un concreto diseñado para producir concreto extremadamente fluido, de tal manera que su fluidez hace que sea fácil de vaciar, rellenar sin requerimiento de vibrado para su colocación y compactación, obteniendo las propiedades estructurales igual o mayor a la requerida y una vida útil igual o superior a la de un concreto compactado por vibración. El objetivo trazado fue diseñar un concreto autocompactable para mejorar la calidad de las estructuras de concreto en grandes proyectos de edificación, expandir el conocimiento sobre la utilización de nuevas tecnologías con el uso de aditivos superplastificantes y empezar a desarrollar su expansión para obras de edificación que contengan grandes volúmenes de concreto y se encuentren densamente armadas.

La hipótesis planteada fue: si mejoramos las características del concreto convencional con respecto a su consistencia, trabajabilidad y durabilidad, entonces se podrán utilizar en estructuras densamente armadas, disminuyendo o eliminando el proceso de compactación.

Se logró en este proyecto crear un concreto con la capacidad de mejorar la calidad de las estructuras de concreto en edificaciones considerando los controles de calidad establecidos, se llevó a cabo el desarrollo del proyecto para probar que la tesis servirá para dar solución a los problemas antes mencionados. Este trabajo fue desarrollado de una manera clara, ordenada y concisa para que pueda ser entendida por cualquier tipo de persona ya sea ingeniero, metodólogo o alguien en particular. Se determinaron cada una de las proporciones necesarias para el diseño del concreto autocompactable, haciendo alusión específicamente a los materiales utilizados para la mezcla los cuales fueron cemento, agua, arena

amarilla, piedra chancada y aditivos (Sika Viscocrete 1110 y Microsílice Sika Fume). Se establecieron las debidas relaciones de agua cemento de baja proporción según fue su requerimiento para los diferentes diseños f'c que se realizaron.

El presente trabajo de investigación se dividió en cinco capítulos. Capítulo I: Problema de Investigación, comprende situación problemática, formulación del problema, delimitaciones de la investigación, justificación e importancia de la investigación, limitaciones de la investigación y objetivos de la investigación. En el Capítulo II: Marco Teórico, comprende antecedentes de estudios, base teórica científica y definición de términos básicos. En el Capítulo III: Marco Metodológico, comprende tipo y diseño de la investigación, población y muestra, hipótesis, variables, operacionalización, métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procedimiento de la recolección de datos, análisis estadístico e interpretación de los datos, principios éticos y criterios de rigor científico. En el Capítulo IV: Análisis e interpretación de resultados, comprende resultados de tablas y gráficos y discusión de resultados. En el Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones, comprende conclusiones y recomendaciones, por último la Bibliografía y Anexos.

**CAPITULO I:
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1. Situación Problemática

A Nivel Internacional

Es muy común cargar las culpas de un mal acabado al vibrador y nunca a la dosificación inadecuada del hormigón para el armado que tenemos o a un sistema de vibrado inadecuado, por eso es necesario hablar de ciertos parámetros reológicos que afectan a la masa fresca:

Estabilidad: se define como la capacidad del hormigón a no ser segregado. Si definimos la segregación, se dice que es el fenómeno por el cual el hormigón presenta inestabilidad por una pasta matriz pobre que no puede retener los elementos en una mezcla homogénea. Hablaremos de:

- Segregación húmeda (exudación): por exceso de agua.
- Segregación seca: por falta de agua.

Compactabilidad: se dice de la facilidad para expulsar el aire atrapado en el interior de la masa sin producir segregación. Este parámetro está relacionado con la densidad relativa.

Movilidad: es la capacidad que tiene la masa para deslizarse y fluir. Tres factores son determinantes en este parámetro:

- Viscosidad
- Cohesión
- Fricción

Se podrían mencionar unos cuantos parámetros más: dosificación, consistencia, endurecimiento y fraguado, aditivos, pero creo que estos tres dan una idea de lo importante que es conocer las propiedades de nuestra mezcla para dimensionar correctamente nuestros encofrados y establecer un criterio correcto de vibración para no tener coqueas con la mínima energía posible.



Un hormigón fresco después de mezclado, amasado, transportado y vertido contiene aire ocluido en torno a un 20%, por este motivo es necesario vibrar el hormigón con el fin de dejarlo en torno a un 1%. Este aire ocluido como no está directamente relacionado con la trabajabilidad del hormigón: no tendrá el mismo un hormigón de consistencia seca que uno de consistencia blanda.

Es de una importancia vital extraer todo este aire, ya que como todos sabemos produce un descenso en la resistencia considerable, aumenta la permeabilidad reduciendo la durabilidad, reduce el contacto de las barras con la pasta, produce efectos visibles (España) (Ingenieros de la Crisis, 2012).

Cuando se habla de hormigón, está claro que este es uno de los materiales más usados en área de la construcción. En consecuencia, al tratar del hormigón, hay que tener un amplio estudio y conocimiento de este, para evitar inconvenientes en las obras, resultado del uso de este material. Para tal efecto, se ha realizado un estudio experimental para tratar de determinar el grado de influencia de los factores de la vibración y revenimiento del hormigón, que, en primera instancia, puede afectar a las propiedades del hormigón. Se estudiarán las variaciones de dichos factores sobre algunas de las características más relevantes del hormigón, como son la resistencia a compresión y el módulo de elasticidad. Para darle fiabilidad a este estudio, los ensayos de este material se han procedido según lo indicado en las normas ASTM y se han desarrollado con el auspicio del Laboratorio de Estructuras de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. El estudio de los resultados experimentales, permite determinar las variaciones más significativas de las

propiedades antes nombradas del hormigón. Por último, se extraen conclusiones acerca del vibrado necesario y del revenimiento adecuado del hormigón con fines académicos, y se proporcionan sugerencias para evitar inconvenientes producto del desconocimiento de estos factores del hormigón. (Ecuador) (Barrezueta, 2010).

Entre el concreto que producen las empresas de concreto premezclado a escala mundial y el concreto que finalmente queda colocado en el elemento de la obra, frecuentemente existe una importante variación de la calidad debida a las deficiencias en las prácticas constructivas que modifican negativamente el comportamiento del material en el lugar en donde mejor desempeño debería tener en la estructura.

Sin embargo, no sólo eso influye negativamente en la ejecución de la obra: también los daños causados por el mal uso de vibradores dañan el buen desarrollo de las propiedades del concreto endurecido y su compactado en la estructura.

Este cambio en la calidad del concreto colocado afecta de diversas formas a las construcciones:

Modifica el comportamiento estructural del elemento fabricado con concreto, provocando un cambio en su desempeño al variar las propiedades mecánicas en diferentes secciones estructurales tales como columnas, trabes y losas.

Afecta la durabilidad de la estructura al presentar segregación del concreto por mala colocación, derivando en concentración de finos en la superficie del elemento y favoreciendo la presencia de fisuras por contracción que permiten la penetración de agentes agresivos para el concreto y el acero de refuerzo; estos agentes afectan la durabilidad del elemento.

Las oquedades por mala colocación, generan cambios en la sección, menor adherencia con el acero de refuerzo y exposición del mismo, así como mayor permeabilidad.

Estos problemas son ocasionados por una deficiencia en la calidad de la mano de obra en la colocación y el vibrado del concreto, falta de supervisión y escasa trabajabilidad de algunas mezclas de concreto. (México)(Martínez Arguello, 2000).

A nivel nacional

La industria de la construcción es una actividad de suma importancia dentro del desarrollo económico de un país, constituyendo un verdadero motor en el progreso de una sociedad, es por eso que en la actualidad el concreto ha experimentado un gran avance de nuevas tecnologías que ha originado cada vez más considerar a los aditivos como un componente normal dentro de la Tecnología moderna del concreto.

Es así que la industria de los aditivos del concreto se ha visto en la necesidad de buscar nuevas tecnologías que aporten mejoras a la calidad del concreto de acuerdo a las necesidades de los actuales proyectos que se desarrollan en nuestro País. En nuestro medio, principalmente en la provincia de del norte, departamento de la Libertad por ejemplo, existen constructoras de trayectoria como KVC, BECKTEL, ARTECO, entre otras , que se dedican a la construcción y levantamiento de edificios, condominios, viviendas y otras obras civiles empleando para ello concreto convencional, el cual es un concreto con escasa fluidez y poca facilidad de colocación lo que origina una construcción más lenta o trabada, necesitando para ello un elevado número de mano de obra.

Es por ello que el concreto Autocompactable es una buena alternativa para combatir las dificultades que presenta el concreto convencional que vienen siendo usados por las constructoras. (Joel & Omar, 2014).

A nivel local

En Chiclayo las estructuras de concreto de grandes dimensiones se elaboran de una forma convencional de tal manera que casi siempre caemos en los errores estructurales de las edificaciones, como son la inadecuada colocación de concreto dentro de los encofrados, la mala vibración, más aún cuando las estructuras son densamente armadas, el concreto no llega a cumplir con su calidad ni resistencia requerida, aparte los constantes golpes al encofrado para tratar de acomodar el concreto interiormente, donde estos se suele averiar, al momento de desencofrar quedan defectos visibles y no visibles ante la vista humana (vacíos al interior de la estructura), los tiempos en obra se vuelven más extensos y la entrega no puede

superar su límite de cronograma y si se fuerza en apurar las obras y dejar de hacer trabajos esenciales en ellas como son el curado de estructuras entonces es por este sentido que éstas tienden a fallar en los momentos que deberían trabajar como es debido, como por ejemplo en un sismo de mediana magnitud se requerirían estructuras que soporten la intensidad del mismo cosa que no se puede lograr con satisfacción si la estructura contiene este tipo de defectos.



Figura 2: Columna con presencia de cangrejas. **Obra:** Edificación de vivienda de 3 plantas, Cl. Ollantay cuadra #2, La Victoria, Chiclayo.

(Fuente propia)



Figura 3: Viga con presencia de cangrejas. **Obra:** Edificación de vivienda, cl. Las Nustas #5, La Victoria, Chiclayo.

(Fuente propia)

1.2. Formulación del Problema

¿Qué efecto traerá la creación de un Concreto Autocompactable, enfocado en evitar los problemas de resistencia, vaciado, compactado y acabado de concreto durante el encofrado de estructuras?

1.3. Delimitación de la investigación

Esta investigación está dirigida a la construcción de grandes edificaciones.

1.4. Justificación e importancia de la Investigación

La investigación que se llevó a cabo fue necesaria para la creación de un diseño de mezcla para un concreto autocompactable, es un concreto diseñado para producir concreto extremadamente fluido y cohesivo, de tal manera que su fluidez hace que sea fácil de vaciar, rellenar sin requerimiento de vibrado para su colocación y compactación, obteniendo las propiedades estructurales igual o mayor a la requerida y una vida útil igual o superior a la de un concreto compactado por vibración y de la misma forma evitar las fallas comunes en las estructuras de concreto en edificaciones, asegurando su calidad.

1.5. Limitaciones de la Investigación

Los aditivos Sika Viscocrete 1110 PE utilizado en climas cálidos y Microsílice Sika Fume se utilizaron de una manera cuidadosa ya que tienen un índice medio de peligrosidad para los seres humanos, se requirió de una ficha técnica para hacer el trabajo con los aditivos ya que no se contó con la mano de obra especializada.

Se utilizaron materiales para construcción, piedra chancada de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ ", 1", arenilla, agua potable, y cemento general Tipo I Pacasmayo de 42.5 kg.

1.6. Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Diseñar un concreto autocompactable para mejorar la calidad de las estructuras de concreto en grandes proyectos de edificación, expandir el conocimiento sobre la utilización de nuevas tecnologías con el uso de aditivos superplastificantes y empezar a desarrollar su expansión para obras de edificación que contengan grandes volúmenes de concreto y se encuentren densamente armadas.

Objetivos específicos

Realizar un diseño de CAC de tal manera que cumpla con sus normas técnicas respectivas.

Establecer una baja relación entre el agua y el cemento (0.25 a 0.45) requisito previo para un diseño de un CAC.

Demostrar a partir de ensayos específicos para CAC, que el diseño del mismo sea óptimo.

Comprobar la resistencia a la compresión del CAC en concreto endurecido de tal manera que cumpla con la $f'c$ de diseño.

Ensayar con el proceso de ultrasonido determinando su estructura interior.

Proyectar el presupuesto del diseño de CAC en relación al concreto convencional.

**CAPITULO II:
MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de Estudios:

Selma I., González M.; con su tesis “Concreto Autocompactable: Propuesta para el diseño de mezcla. Beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en el Salvador”. (2005), La Tesis de investigación está enfocado en el planteamiento de una alternativa de solución a los problemas de colocación del concreto, para estructuras donde los procedimientos tradicionales de compactación no son suficientes para las exigencias de calidad solicitadas.

Se pretende lograr al término del estudio la propuesta para el diseño de mezcla de CAC con los recursos disponibles en el medio (El Salvador), donde la metodología aplicada esté fundamentada en principios lógicos y sugerencias bibliográficas que respalden la calidad de los resultados obtenidos, además es posible valorar las consideraciones necesarias para implementarlo en El Salvador durante el proceso de proporcionamiento de las mezclas, según las experiencias obtenidas.

Chutan Muñoz R.; con su tema de investigación “Concreto autocompactado experimentación en Guatemala”, Guatemala (2004), El presente trabajo de graduación consta de una investigación bibliográfica en la cual se presenta la historia del concreto autocompactado hasta la descripción de los ensayos que se le practica en estado fresco, ya que para este concreto no se puede usar el asentamiento del cono.

Las normas que se respetan para el concreto autocompactado son las que se aplican al concreto de alta resistencia, ya que a esta familia pertenece.

En la parte práctica, se caracterizaron los agregados a usar, luego se presentan tres diseños de mezclas hechos con materiales de distinta procedencia de Guatemala, a los cuales se les practicó ensayos en estado plástico, además, de pruebas a compresión a distintas edades, con lo que se comprueba su resistencia.

El concreto autocompactado es el más adecuado para aplicar en estructuras intrincadas y muy reforzadas, debido a su elevada fluidez y consolidación, además de no perder la resistencia requerida.

Vilanova Á., con su tema de investigación “Influencia de la dosificación y empleo de diferentes tipos de cemento y adiciones en las propiedades mecánicas del hormigón Autocompactante”. España (2009), El presente trabajo de investigación tiene como finalidad estudiar el comportamiento de las propiedades mecánicas del hormigón Autocompactante, tanto de manera general como en función de los tipos de cemento y de las adiciones utilizadas en sus dosificaciones. Por otro lado, estudiar también la aplicabilidad en el hormigón Autocompactante de los actuales modelos de cálculo con las que se miden esas propiedades mecánicas en el hormigón convencional.

Las propiedades mecánicas estudiadas en el hormigón Autocompactante en el presente trabajo fueron la resistencia a compresión, el módulo de deformación, la resistencia a tracción y la resistencia a flexotracción. Los tipos de cemento escogidos para llevar a cabo el estudio fueron los cementos tipo I, II y III, de manera general y los tipos I y II de manera específica, mientras que las adiciones minerales consideradas fueron, el humo de sílice, las cenizas volantes, el filler calizo y las escorias de alto horno.

Sergio Cremades Escrib, con su tesis “Estudio de la robustez en el hormigón autocompactante con bajo contenido de finos” (2011) El hormigón autocompactante, es un concepto nuevo, donde el material, métodos de diseño de la mezcla y control del hormigón fresco difieren del hormigón tradicional. En los últimos años se han realizado investigaciones para el desarrollo del hormigón autocompactante, con la finalidad de encontrar una nueva forma de ver el hormigón que puede revolucionar el mundo de la construcción en cuanto a la mejora de la calidad de la obra y de las condiciones de trabajo. Lo que se pretende con el hormigón autocompactante es obtener un hormigón, que sin necesidad de vibración o de cualquier otro método de

compactación, sea capaz de rellenar todos los rincones del encofrado pasando a través de las armaduras sin que se produzca segregación del árido grueso. Este hormigón debe ir acompañado de una correcta dosificación que debe tener en cuenta las características particulares del material a preparar, el tipo de elemento para el cual se va a utilizar y los métodos de control propios del HAC. El primer ejemplo se desarrolló en Japón en 1986, por el profesor Hajima Okamura del Department of Civil Engineering University of Tokio, empleando escoria granulada de alto horno y cenizas volantes junto con un plastificante o aditivo químico, cuyos objetivos principales se perfilaron para sus dos estados:

En el estado fresco, una autocompactación que resistiera a la segregación. A edad temprana, evitar la formación de fisuras, generadas por la generación del calor que proviene de la hidratación del cemento, el endurecimiento o la retracción por secado.

En el estado endurecido, debía brindar una protección contra factores agresivos externos, es decir, presentar una permeabilidad muy baja y ser resistente a las heladas.

Molina C. y Saldaña S.; con proyecto de investigación “Influencia del aditivo hiperplastificante plastol 200 ext en las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido”, Trujillo(2014), el presente trabajo de tesis de grado, titulado “Influencia del aditivo hiperplastificante Plastol 200 Ext en las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido” tiene como objetivo fundamental determinar la influencia del aditivo Hiperplastificante a base de policarboxilatos en el concreto Autocompactante con agregados locales y determinar la influencia del aditivo, en las propiedades del concreto autocompactante en estado Freso y endurecido.

Para lo cual, en primer lugar, realizarán los diseños de concreto, luego del cual se procederán a analizar la trabajabilidad de concreto autocompactante en estado fresco mediante los ensayos de Extensibilidad, embudo V, Anillo J, Caja En L y de estabilidad de tamiz a través de la malla GTM. Posteriormente se ejecutará el ensayo de rotura del CAC en estado endurecido. Con los resultados obtenidos de los ensayos

de trabajabilidad y de rotura determinaremos cual es la influencia del aditivo en estudio.

Huincho E.; con su tesis de investigación “Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce con cemento portland tipo I”, Lima (2011), La presente investigación estudia los concretos de alta resistencia preparados con microsílíce (SIKA FUME), nanosílíce y superplastificante (VISCOCRETE 20HE) usando cemento Portland tipo I, relaciones agua – cemento menores a 0.25, usando por primera vez agregado grueso HUSO 89. Los asentamientos obtenidos son del orden del 8 a 10 pulgadas y una extensibilidad entre 56 y 70 centímetros, considerándose concretos de alta resistencia y a la vez autocompactantes. El diseño se basa en el Peso Unitario Compactado Máximo de la combinación de los agregados y un bajo contenido de cemento (560 kg/m^3) La más alta resistencia a la compresión obtenida fue de 1423 kg/cm^2 a la edad de 90 días.

Se desarrolla un concreto Patrón (CPO) con relación agua- cemento igual 0.40 y se coparan sus propiedades con cada una de las mezclas diseñadas. A la mezcla patrón se le adicionó 3% de aditivo superplastificante (CPA), luego 10,15,20% de microsílíce en peso del cemento SF10, SF15 Y SF20 respectivamente, se usó nanosílíce en dosis de 1.0, 1.5 y 2.0% en peso del cemento NS1.0, NS 1.5 Y NS2.0 respectivamente; también se usó microsílíce y nanosílíce. Se presentan también el diseño de los diferentes tipos de mezcla y la determinación de sus propiedades al estado fresco y endurecido, así como también un análisis de resultados. Finalmente se realiza un análisis de costos de estos tipos de concretos que incluyen los insumos.

2.2. Estado de Arte

En las últimas décadas la industria de la construcción ha mostrado gran preocupación e interés en el proceso de compactación del concreto, debido a la importancia que éste tiene en el rendimiento del producto terminado; que aunado a la creciente escasez de personal especializado en el uso de equipos que permitan realizar la compactación de forma correcta, ha permitido que se desarrollen nuevas

tecnologías de vibración y consolidación, de igual forma la evolución en el diseño de estructuras cada vez más complejas y sofisticadas, evidencia que los métodos convencionales para la colocación del concreto ya no resulta efectiva.

La respuesta a estas necesidades es la utilización de un tipo de concreto que no dependa de las técnicas de vibración para la adecuada compactación, el cual recibe el nombre de Concreto Autocompactable, definido como “aquel concreto que es capaz de fluir en el interior del encofrado, rellenando de forma natural el volumen del mismo, pasando entre las barras de armadura y consolidándose únicamente bajo la acción de su propio peso sin compactación interna o externa”.

La historia del CAC se remonta a los años de 1975 y 1976 periodo durante el cual se desarrolló un modelo muy cercano al actual, el cual surgió a partir del advenimiento de los superplastificantes y de componentes que juegan un papel importante en la determinación de las propiedades reológicas necesarias para el CAC. En este momento el máximo revenimiento admitido por el ACI era de 175 mm, ya que con un revenimiento mayor el sangrado del concreto aumenta fuertemente incluso utilizando grandes cantidades de cemento; con la utilización del superplastificante fue posible producir concretos fluidos con flujo de revenimiento de 250 mm sin presentar sangrado o con un sangrado despreciable, siempre que se utilice una proporción de cemento adecuada. (Idalia, 2005)

En este momento surgió el concepto de concreto reoplástico como aquel concreto que además de ser muy fluido es también muy cohesivo y por consiguiente tiene una baja tendencia a la segregación y sangrado; el principio básico para la producción de concretos fluidos no segregables e incluso autocompactables es la combinación de superplastificantes con un volumen considerable de finos, los cuales pueden obtenerse a partir de arenas muy finas, un incremento en el volumen de cemento y el uso de adiciones. (Idalia, 2005)

La evolución en el uso de los aditivos ha sido esencial para la caracterización del CAC; el aditivo superplastificante de alto rango fue desarrollado a principios del año 2000, el cual pertenece a la evolución de los aditivos reductores de agua. Pero actualmente se desarrollaron los aditivos superplastificantes a base de polímeros de policarboxilatos o también denominados Hiperplastificantes que permiten obtener reducciones mayores de agua, con lo cual es posible el diseño del CAC. (Idalia, 2005)

El Profesor Okamura de la Universidad de Tokio (Japón) introdujo en 1986 el concepto del CAC promoviendo estudios sobre la trabajabilidad del hormigón que dieron lugar al primer prototipo en 1988. Grandes constructoras japonesas (Kajimacompany, Maeda company, Taisei Group company) rápidamente tomaron las ideas. Los constructores usaron su investigación en su lugar de trabajo y desarrollaron facilidades para perfeccionar su propia tecnología de CAC. Cada compañía desarrollo su propio diseño de mezcla y entrenaron su propio personal para actuar como técnicos para ensayar mezclas de CAC en situ. (Roxana, 2009)



Figura 4: Anclajes del puente Akashi - Kayko

(Fuente: Blog Maravillas de la Ingeniería 2016)



Figura 5: Puente Akashi – Kayko

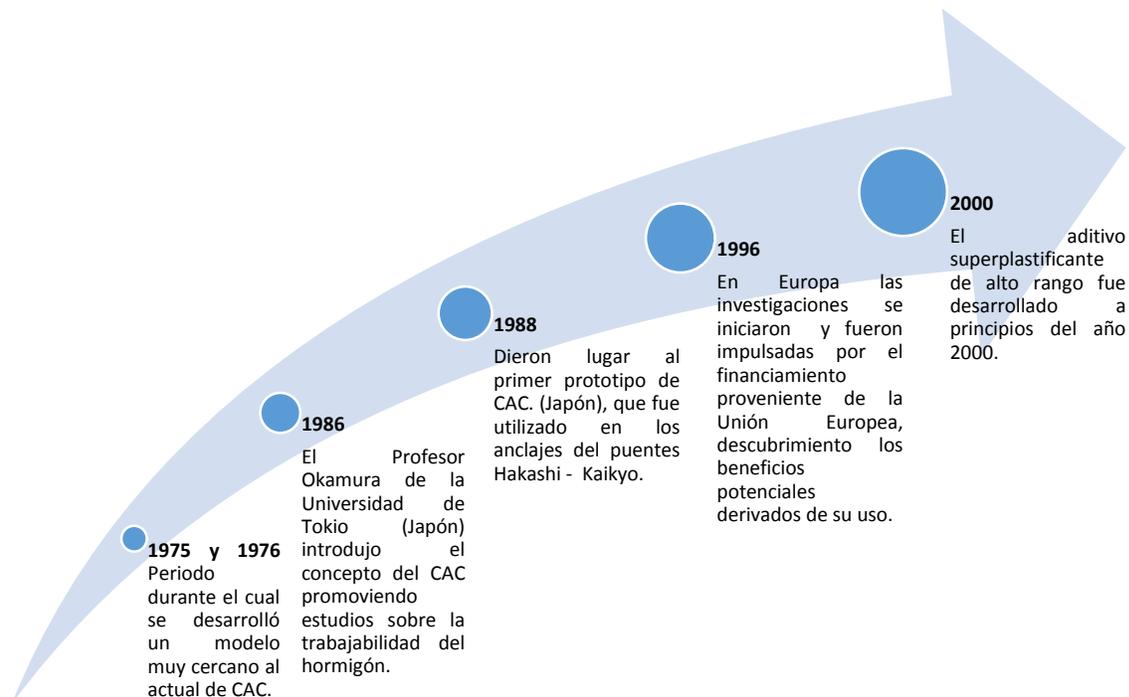
(Fuente: Blog Maravillas de la Ingeniería 2016)

A partir de la aparición del prototipo del CAC, se inició a nivel mundial una investigación intensiva en varios países, especialmente entre los institutos de

investigación de grandes compañías de construcción. En Estados Unidos las investigaciones son conducidas por los productores de aditivos. En Europa las investigaciones se iniciaron en 1996 y fueron impulsadas por el financiamiento proveniente de la Unión Europea; realizadas con la colaboración de académicos y socios industriales; esta tecnología fue rápidamente implementada y explotada debido al descubrimiento de los beneficios potenciales derivados de su uso. Así nace el CAC, configurando una alternativa novedosa, ya que además de presentar una serie de ventajas en estado fresco (fluidez, cohesión, viscosidad, homogeneidad, trabajabilidad), ofrece unas excelentes propiedades en estado endurecido (resistencia, durabilidad, etc.), mejorando las condiciones de trabajo (actividad de compactación, ruido) y la productividad. (Roxana, 2009)

Tabla 1

Línea de Tiempo del CAC



(Fuente Propia)

2.3. Base teórica científicas

El concreto autocompactable (CAC), conocida también como concreto autoconsolidante, es un concreto altamente fluido sin segregación, que puede ser extendido en el sitio, llenando la formaleta y encapsulando el refuerzo, sin ningún tipo de consolidación mecánica. La fluidez del concreto autocompactable (CAC) es medida en términos de colocación cuando se utiliza la versión modificada del ensayo de asentamiento (ASTM C 143). La extensión (flujo de asentamiento) del CAC varía en un rango típico de 18 a 32 pulgadas (455 a 810 mm) dependiendo de los requerimientos del proyecto. La viscosidad, como se observa visualmente por el rango en que se extiende el concreto, es una de las características importantes del CAC en estado plástico y puede ser controlada cuando se diseña una mezcla que satisfaga el tipo de aplicación que se va a construir. **(Concreto Autocompactable, 2002)**

2.3.1. Concreto Autocompactable

2.3.1.1. Definición:

Es un concreto capaz de compactarse por acción de la gravedad que llena los encofrados y discurre entre las armaduras sin necesidad de aplicar medios de compactación internos o externos y manteniéndose, durante su puesta en obra, homogéneo y estable sin presentar segregaciones. La consistencia del concreto autocompactable presenta cierta viscosidad que le caracteriza y, a la vez, la diferencia de los concretos convencionales de consistencia fluida.

Como consecuencia del párrafo anterior, podemos definir la autocompactabilidad como la propiedad que presentan algunos concretos de consistencia fluida y viscosa de compactarse sin necesidad de aportación de energía (vibración), rellenando los encofrados y discurriendo entre las armaduras sin que se produzca sangrado de la lechada ni bloqueo del árido grueso.

Un concreto autocompactable en estado fresco se puede decir que cumple con la condición de autocompacidad si cumple simultáneamente tres requisitos que son **Capacidad de relleno, Capacidad de Paso y resistencia a la segregación.**

Una mezcla de concreto sólo puede clasificarse como autocompactante si se cumplen los requisitos para estas tres características. (Joel & Omar, 2014)

2.3.1.2. Características

Las características del CAC son su deformabilidad y todas sus prestaciones se logran con la fluidez, viscosidad y cohesión apropiadas en las mezclas de estos concretos. La fluidez alta proporciona la facilidad de colocación del concreto en el encofrado y el relleno del mismo, y la viscosidad y cohesión moderadas evitan la segregación de sus componentes garantizando una deformabilidad uniforme en el proceso de colocación. En este sentido, la facilidad para el relleno y el paso entre las armaduras son parámetros esenciales en la definición de las prestaciones de este tipo de concreto.

El CAC se caracteriza por contar con las siguientes características:

Capacidad de relleno, es la capacidad del CAC de rellenar los espacios de un encofrado solamente por la acción de su propio peso, sin la necesidad de compactación por vibrado.

Capacidad de paso, es la capacidad de fluir a través de las barras del refuerzo del elemento estructural sin que se presente ningún tipo de bloqueo entre agregado y agregado – refuerzo.

Resistencia a la segregación, es la capacidad de este tipo de concreto de tomar una consistencia muy fluida sin permitir segregación. En esencia, para que la mezcla de concreto sea considerada autocompactable, debe tener la característica de fluir fácilmente y así llenar completamente los espacios dentro de las formas reforzadas por efecto de su propio peso, la mezcla deberá también tener una buena estabilidad para resistir la segregación. (Joel & Omar, 2014)

2.3.1.3. Usos:

1. Obras de infraestructura.
2. Elementos prefabricados.
3. Elementos de sección estrecha.

4. Cualquier elemento donde se desee garantizar una adecuada compactación del concreto.
5. Columnas, vigas, muros, losas y muros donde el acero de refuerzo hace difícil el vibrado.
6. Ideal para densidades de acero media y alta.
7. Elementos con difícil acceso para efectuar la compactación del concreto.(Sika, 2013)

2.3.1.4. Ventajas:

- Disminución de los problemas auditivos esto garantiza un mejor desenvolvimiento con respecto al impacto ambiental.
- Reducción del riesgo de caídas al eliminar la necesidad de vibrado.
- Mayor facilidad y, por ende, menor esfuerzo para trabajarlo.
- Reducción de los costos de mantenimiento y reparaciones.
- Garantía de comportamiento estructural y de durabilidad de su edificación.
- Mejores acabados.
- Reducción de costos de ejecución.(Rodriguez)

2.3.1.5. Limitaciones:

- Considerable costo de aditivos.
- Nuevas tecnologías que necesita de personas capacitadas para su trabajabilidad.
- Se utilizará cemento general Pacasmayo Tipo I, Agregado Fino, Agregado grueso con T.M.N. (1/2”), agua potable, aditivo superplastificante Sika ViscoCrete 1110-PE y MicrosiliceSika Fume.

2.3.2. Componentes de Diseño

2.3.2.1. Cemento:

Material de construcción compuesto de una sustancia en polvo que, mezclada con agua u otras sustancias, forma una pasta blanda que se endurece en contacto con el agua o el aire; se emplea para tapar o rellenar huecos

y como componente aglutinante en bloques de concreto y en argamasas. (Rodríguez Bernal, 2015)

2.3.2.2. Agregado Fino:

Constituye de hecho la mayor parte del porcentaje en peso del concreto. Dicho porcentaje usualmente supera el 60 % del peso en el concreto fraguado y endurecido. La adecuación de un agregado para la fabricación de concreto debe cumplir un conjunto de requisitos usualmente recogidos en las normas como el RNE, el ASTM o las NTP. Dichos requisitos se refieren normalmente a la composición química, la granulometría, los coeficientes de forma y el tamaño. (Wikipedia, 2010).

2.3.2.3. Agregado Grueso:

El agregado grueso estará formado por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionadas y analizadas en laboratorio, para certificar su calidad. El agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo, los cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados mediante un procedimiento adecuado, como por ejemplo el lavado. La forma de las partículas más pequeñas del agregado grueso de roca o grava triturada deberá ser generalmente cúbica y deberá estar razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas en todos los tamaños. (Wikipedia, 2010).

Tabla 2

Limites granulométricos para agregados fino y grueso

Tamaño nominal	Cantidades mas finas que cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas), % en peso												
	4" 100 mm	3½" 90 mm	3" 75 mm	2½" 63 mm	2" 50 mm	1½" 37.5 mm	1" 25.0 mm	¾" 19.0 mm	½" 12.5 mm	⅜" 9.5 mm	No. 4 4.75 mm	No. 8 2.36 mm	No. 16 1.18 mm
3½" a 1½"	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5					
2½" a 1½"	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5					
2" a No. 4	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5		
1½" a No. 4	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5		
1" a ¾"	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5		
1" a No. 4	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5	
¾" a No. 4	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	
2" a 1"	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5				
1½" a ¾"	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5			
1 a ½"	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5			
¾" a ⅜"	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5		
1½" a No. 4	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	
¾" a No. 8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5

Tamiz	Porcentaje que pasa (en masa)
9.5 mm (3/8 pulg.)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N°8)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
600 µm (N°30)	25 a 60
300 µm (N°50)	10 a 30
150 µm (N°100)	2 a 10

Fuente: American Society Of Testing Materials – ASTM C 33

2.3.2.4. Agua:

Sustancia líquida sin olor, color ni sabor que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro formando ríos, lagos y mares, ocupa las

tres cuartas partes del planeta Tierra y forma parte de los seres vivos; está constituida por hidrógeno y oxígeno (H₂O).(Oxford)

2.3.2.5. Aditivo Superplastificante:

Son aditivos para concreto capaces de mejorar las propiedades del mismo. Se emplean para conferir al concreto fresco un mejor comportamiento en cuanto a trabajabilidad y bombeabilidad, pero también se busca con su uso mejorar significativamente la resistencia y la durabilidad del hormigón final. (Wikipedia, 2015)

Aditivo SikaViscocrete -1110 PE

Es un poderoso superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para concretos autocompactables.

Usos

- Es adecuado para la producción de concreto en obra, así como para el concreto pre-mezclado.
- Facilita la extrema reducción de agua, tiene excelentes propiedades con los agregados finos, una óptima cohesión y alto comportamiento autocompactante.
- Se usa para los siguientes tipos de concreto:
 - Concreto autocompactable.
 - Para concretos bajo agua, (la relación agua – material cementante debe ser entre 0.30 a 0.45)
 - Concreto para climas cálidos y/o sometidos a trayectos largos o espera antes de su utilización.
 - Concreto de alta reducción de agua. (hasta 30%)
 - Concreto de alta resistencia.
 - Inyección de lechada de cementos con alta fluidez.
 - La alta reducción de agua y la excelente fluidez tienen una influencia positiva sobre las aplicaciones antes mencionadas

Características / Ventajas

Este aditivo actúa por diferentes mecanismos. Gracias a la absorción superficial y el efecto espacial sobre las partículas de cemento (paralelos al proceso de hidratación) se obtienen las siguientes propiedades:

Fuerte reducción de agua y aumenta la cohesión lo que lo hace adecuado para la producción de concreto autocompactable.

- Alta impermeabilidad.
- Extrema reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia).
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- Mejora la plasticidad y disminuye la contracción plástica.
- A dosis altas mantienen el slump por más de 2 horas (hacer pruebas de diseño). Esto puede variar por las condiciones ambientales y el tipo de cemento que use.
- Reduce la carbonatación del concreto.
- Aumenta la durabilidad del concreto.
- Reduce la exudación y la segregación.
- Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero.

Este aditivo no contiene cloruros ni otros ingredientes que promuevan la corrosión del acero. Por lo tanto, puede usarse sin restricciones en construcciones de concreto reforzado y pre-tensado.

Aditivo Microsílice Sika Fume

Es un aditivo en polvo compuesto por microsílice (Sílica Fume) de alta calidad y que acondicionado a la mezcla de concreto o mortero, disminuye el lavado del cemento en el vaciado de la mezcla bajo agua. Sika Fume no contiene cloruros y puede utilizarse en concretos y morteros en conjunto con un superplastificante para obtener la fluidez necesaria para la colocación del concreto.

Usos

- En el concreto bajo agua en puertos, puentes, presas, reparaciones, rellenos, entre otros.
- En concretos de alta impermeabilidad y durabilidad.
- En concretos de alta resistencia (mayor a 500 kg/cm²).
- En concretos bombeados y proyectados.
- En morteros y lechadas de inyección.

Características / Ventajas

- Disminuye la pérdida de cemento y elementos finos.
- Aumenta la resistencia mecánica.
- Aumenta la impermeabilidad.
- Aumenta la resistencia química.
- Aumenta la adherencia al acero.
- Permite utilizar mezclas altamente fluidas con alta cohesión.
- Aumenta la cohesión y disminuye la exudación de la mezcla fresca.
- Aumenta la durabilidad frente a agentes agresivos.
- Aumenta la resistencia de abrasión.

2.3.3. Normatividad

ASTM C 150: “Especificación Estándar por Cemento Portland”

ASTM C 161: “Especificaciones de morteros para Albañilería”

ASTM C 1621: “Método de prueba estándar para la capacidad de paso del hormigón autocompactante”

ASTM C 494: “Especificación Normalizada de Aditivos Químicos reductores de agua y controladores de fragua”

ASTM C 1017: “Especificación estándar para aditivos químicos para uso en la producción de concreto que fluye”

ASTM C 1240: “Especificación estándar para el humo de sílice usados en mezclas de cemento”

ASTM C 1611: “Método de prueba estándar para flujo de asentamiento del hormigón autocompactante”

CSA - A 3001 – 03: “Materiales de cemento para uso en concreto”

ASTM E 114 95: “Práctica estándar para ultrasónico Pulso-Eco, pruebas por el método de contacto”

2.3.4. Evaluación económica

Se realizó a través de costeo.

2.3.5. Gestión de Seguridad y Prevención de Riesgos

2.3.5.1. Control de Calidad:

Conjunto de procedimientos técnicos planeados cuya práctica permite que el concreto cumpla con los requisitos especificados al menor costo posible.

Aplicaciones en Concreto Fresco y Endurecido.

2.3.6. Impacto Ambiental.

Es un cambio o una alteración en el medio ambiente, siendo una causa o un efecto debido a la actividad y a la intervención humana. Este impacto puede ser positivo o negativo, el negativo representa una ruptura en el equilibrio ecológico, causando graves daños y perjuicios en el medio ambiente, así como en la salud de las personas y demás seres vivos.

2.4. Definición de términos básicos

Diseño. - Proceso de configuración mental que busca la solución de interrogantes vistas en cualquier campo. (Wikipedia, Diseño, 2017)

Concreto. - Mezcla de varios materiales para lograr un solo propósito, dichos materiales vienen a ser, agua, agregado fino, agregado grueso, cemento y si se requiere de algún aditivo también será adicionado.

Autocompactable. - Propiedad de algún elemento que le permite compactarse por sí sólo sin ayuda de elementos externos.

Aditivo superplastificante. - Son aditivos para concreto capaces de mejorar las propiedades del mismo. Se emplean para proporcionarle al concreto fresco un mejor comportamiento en cuanto a trabajabilidad y bombeabilidad, pero también se busca con su uso mejorar significativamente la resistencia y la durabilidad del concreto final. (Wikipedia, Aditivo_superplastificante, 2015)

CAC. - Concreto Autocompactable.

Concreto Autocompactable. - El concreto autocompactable se define como “aquel que tiene la propiedad de consolidarse bajo su propio peso sin necesidad de vibrado, aun en elementos estrechos y densamente armados”. Este concreto pertenece a la familia de los concretos de alta resistencia y tiene la propiedad de fluir sin segregación, autocompactándose por sí solo, asegurando así la continuidad del concreto endurecido. (Concreto Autocompactable, 2002)

Cohesión. – Propiedad del concreto que describe la facilidad o dificultad que tiene la pasta de cemento y la mezcla con los agregados. (Concreto Fresco, s.f.)

Trabajabilidad. - Es la propiedad del concreto recién mezclado que determina la facilidad con que puede manejarse, compactarse y recibir un buen acabado. (Concreto Fresco, s.f.)

Exudación.- Es la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de sólidos.

(Tecnología_del_Concreto, 2015)

Segregación. – Separación de los materiales del concreto, provocada por falta de cohesión de la pasta de cemento y/o de la suspensión. (Concreto Fresco, s.f.)

CAPITULO III:
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

En la presente investigación, se utilizó materiales convencionales para mezcla aparte de un aditivo superplastificante cuya finalidad será diseñar lo que vendrá a ser un concreto autocompactable. Por tal motivo este diseño de investigación viene a ser de tipo: **Tecnológica Aplicada**

3.1.2. Diseño de la Investigación

El diseño Experimental trata de analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y por qué lo hacen. Por ahora, simplifiquemos el problema de estudio a una variable independiente y una dependiente. En un experimento, la variable independiente resulta de interés para el investigador, ya que hipotéticamente será una de las causas que producen el efecto supuesto. Para obtener evidencia de esta supuesta relación causal, el investigador manipula la variable independiente y observa si la dependiente varía o no. Aquí, manipular es sinónimo de hacer variar o asignar distintos valores a la variable independiente. (Sampieri, 2014)

Tabla 3

Diseño de investigación

Problema	Solución	Realidad
Los problemas de vaciado, compactado y acabado de concreto durante el encofrado de estructuras.	Diseño de un Concreto Autocompactable	“Se obtendrá un concreto autocompactable capaz de cumplir con todos los objetivos propuestos para su uso en construcción civil”

(Fuente: Propia)

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población:

Mezclas de Concreto

3.2.2. Muestra:

Ensayos establecidos en Concreto

3.3. Hipótesis

“Si mejoramos las características del concreto convencional con respecto a su consistencia, trabajabilidad y durabilidad, entonces se podrán utilizar en estructuras densamente armadas, disminuyendo o eliminando el proceso de compactación”.

3.4. Variables

3.4.1. Variable Independiente

Aditivo superplastificante Sika ViscoCrete – 1110 PE y Microsilice Sika Fume

3.4.2. Variable Dependiente

Concreto Autocompactable

3.5. Operacionalización

Tabla 4

Operacionalización

DISEÑO DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTABLE

	Dimensiones	Indicadores	Subíndices	Índice	Técnicas De Recolección De Información	Instrumento De Recolección De Información	Instrumento De Medición
Independiente							
Aditivo Superplastificantesikavisco crete – 1110 PE y Microsilicesika Fume	Propiedades	Resistencia	Concreto endurecido	Kn	Observación	Guía de Observación	Ensayos
		Fluidez	Concreto Fresco	mm	Análisis de Documentos Observación	Guía de Documentos y Guía de Observación	Ensayos
	Normatividad	ASTM C-494	Reductor de agua	Tipo A	Análisis de Documentos	Guía de Documentos	-
		ASTM C-1017	Superplastificantes	Tipo 1	Análisis de Documentos	Guía de Documentos	-
		ASTM C- 1240	Mezclas de cemento	Tipo G	Análisis de Documentos	Guía de Documentos	
Dependiente							
	Estructuras	Agregado	Agdo. Fino	mm	Análisis de Documentos Observación	Guía de Documentos y Guía de observación	Juego De Tamices
			Agdo. Grueso	mm	Análisis de Documentos Observación	Guía de Documentos y Guía de observación	Juego De Tamices
	Propiedades	Trabajabilidad	Capacidad de paso, relleno y resistencia a la segregación	Seg.	Análisis de Documentos Observación	Guía de Documentos	Ensayos
				mm. adimenc.		Guía de Observación	
		Durabilidad	Concreto Endurecido	Kg/cm ²	Entrevista	Cuestionario	
	Cohesividad	Concreto Fresco	-	Análisis de Documentos	Guía de Documentos	Ensayos	

Fuente: LEM UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN – SIKA PERÚ – AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS (ASTM)

Concreto Autocompactable					Observación	Guía de Observación	
	Resistencia	Concreto endurecido	Kg/cm ²	Análisis de Documentos Observación	Guía de Documentos Guía de Observación	Prensa Hidraulica	
	Normatividad	ASTM C-494	Reductor de agua	Tipo A	Análisis de Documentos	Guía de Documentos	-
		ASTM C-1017	Superplastificantes	Tipo 1	Análisis de Documentos	Guía de Documentos	-
ASTM C- 1240		Mezclas de cemento	Tipo G	Análisis de Documentos	Guía de Documentos		

3.6. Métodos, Técnicas e instrumentos de la recolección de datos

3.6.1. Métodos de Investigación

Análisis. - En la presente investigación se conoció de forma práctica y sencilla las propiedades y características de cada uno de los elementos que se utilizó en el diseño y se evaluó la reacción de ellos en su conglomeración y obtuvo después sus nuevas propiedades al trabajar juntos. (Sampieri, 2014)

Deducción. – Se optó por este método por el hecho de que a partir de la idea de la mezcla de un concreto convencional se diseñará un concreto más innovador capaz de trabajarse por sí sólo llamado, concreto autocompactable. (Sampieri, 2014)

Síntesis. - Se eligió este método dado que en un futuro se optará por hacer la conglomeración de los materiales antes descritos para llegar a un solo objetivo que viene a ser el diseño de concreto autocompactable. (Sampieri, 2014)

3.6.2. Técnicas de Recolección de Información

Observación:

Se utilizara ésta técnica con el fin de obtener todos los datos posibles al momento del desarrollo de los ensayos, evaluar comportamientos y características que presenta el tema de estudio en la investigación que se llevó a cabo. (Sampieri, 2014)

Análisis de Documentos:

Se utilizara esta técnica de recolección, con el fin de conocer la normatividad propuesta con respecto a los ensayos a realizarse, aparte también analizar documentos relacionados con el tema de estudio y obtener los conocimientos básicos previos a lo que se realizará en laboratorio. (Sampieri, 2014)

Entrevista:

Se realizó el uso de entrevistas para establecer una comunicación interpersonal con los especialistas en la rama de concreto. La entrevista se realizó de una forma básica con respecto a los objetivos de ésta investigación, para eso se utilizó preguntas estrechamente relacionadas al tema. (Sampieri, 2014)

3.6.3. Descripción de los Instrumentos utilizados

Guía de Observación:

Se utilizó como guía, formatos establecidos con el fin de extraer datos requeridos según los ensayos que se realizaron en laboratorio, a medida que los ensayos seguían su curso se procedió a tomar los datos de cada uno y se hizo las anotaciones según corresponda: (Sampieri, 2014)

Para el Análisis Granulométrico por Tamizado (Anexo N°1)

Para La Resistencia a la Compresión (Anexo N° 4).

Guía de Documentos:

Para este proceso se requerirá de guías según la norma de ASTM y papers de acuerdo a lo establecido para CAC, el cual nos sirvió para que todos los ensayos que fueron realizados de una forma correcta y establecida de acuerdo a lo leído. (Sampieri, 2014)

Cuestionario:

Ante este instrumento se necesitó de una serie de preguntas que vayan de la mano con el objetivo general de la investigación, y para esto se necesitó de la entrevista al Ing. Nepton David Ruiz Saavedra.

Ver Cuestionario (Anexo N°2).

3.7. Procedimiento para la recolección de datos

3.7.1. Diagrama de Flujo de Procesos



3.7.2. Descripción de procesos

1.- Recolección de Información disponible

Consistió en la recolección de la información de una serie de ensayos de laboratorio para obtener una dosificación adecuada de los agregados, cemento y agua a emplear para nuestro diseño, que garanticen el cumplimiento de los parámetros establecidos según las normas.

2.- Adquisición de Materiales

Consistió en la adquisición de los materiales necesarios para el desarrollo de la presente investigación, En cuanto a lo que respecta al aditivo superplastificante Sika ViscoCrete – 1110 PE y Microsilice Sika Fume, fue adquirido según las características que sean necesarias para el diseño de CAC.

3.- Selección de los equipos a utilizar

Los equipos a utilizar dependieron de los ensayos, según sea el requerimiento se dispondrá del equipo que cumpla con las características solicitadas y brinde los resultados solicitados por la norma.

4.- Elaboración de Ensayo Piloto

Los ensayos pilotos serán una serie de ensayos los cuales se describen a continuación:

I. Ensayo de Flujo de Asentamiento y Ensayo T50 cm

a) Objetivo

Evaluar el flujo libre horizontal de CAC en ausencia de obstrucciones.

b) Principio teórico

Se desarrolló primero en Japón para su uso en la valoración del concreto sumergido (ASTM C 143). El diámetro del círculo de concreto es una medida de la capacidad de relleno del mismo.

Referente al procedimiento de ensayo, surge la discusión que para que el flujo sea completamente libre, no debe de existir ninguna restricción ni limitación, cosa contraria a lo que realmente sucede en la práctica en un sitio de construcción con concreto, pero el verdadero objetivo de la prueba es entender la consistencia de la mezcla por cantidades específicas. Esta prueba ha tenido una amplia aceptación por todos aquellos que han trabajado con

CAC y ha sido generalizado por varias agencias europeas y japonesas, por lo que podría ser el primer método de prueba para el CAC a ser publicado por la ASTM Internacional.

Existen dos procedimientos para el llenado del cono Abrams, uno de estos es llenarlo en la posición normal y el otro en posición invertida. La posición del cono invertido puede ser explicada en los documentos alemanes (Daf Stb Guideline for Self Compacting Concrete), donde muestra en la sección M.1.6.2, que el flujo de revenimiento puede ser un valor alternativo al determinarlo con un molde de cono invertido, resultando un llenado más simplificado. Algunos productores han evaluado la popularidad de ambos procedimientos y el cono invertido es el más comúnmente difundido.

c) Evaluación del ensayo

Se trata de un procedimiento simple y rápido de ensayo, aunque se precisan dos personas si quiere medirse el período T50 cm. Puede emplearse en la obra, aunque por su tamaño, la placa base de asiento se vuelve difícil de manejar y es ligeramente pesada, así mismo es esencial un terreno nivelado. No presenta indicaciones de la capacidad del concreto para pasar entre la armadura sin bloqueos, pero puede presentar indicios de la resistencia a la segregación. Puede argumentarse que un flujo completamente libre, sin restricciones de ninguna clase, no es representativo, pero el ensayo puede utilizarse para valorar la consistencia del suministro de concreto amasado en planta o en la obra entre carga y carga.

d) Equipo

- Molde en forma de un cono truncado, con las siguientes dimensiones internas: 200 mm de diámetro en la base, 100 mm de diámetro en la parte superior y una altura de 300 mm.
- Placa de asiento cuadrada de un material rígido no absorbente, de por lo menos 1000 mm x 1000 mm, marcada con un círculo que indica la ubicación central del cono de asiento, y otro círculo concéntrico de 500 mm de diámetro.

- Espátula
- Palana
- Cinta métrica
- Cronómetro (opcional)

e) Procedimiento

- Se requieren 6 litros de concreto para realizar el ensayo, que se toman como muestra de manera normal.
- Humedezca la placa de asiento y el interior del cono de asentamiento.
- Coloque la placa de asiento sobre un terreno uniforme y estable y coloque el cono de asiento en el centro de dicha placa y manténgalo sujeto hacia abajo con firmeza.
- Llene el cono con la palana. No tiene que compactarlo, tan sólo nivelar el concreto de la parte superior del cono con la espátula.
- Quite el concreto sobrante de alrededor de la base del cono.
- Eleve el cono verticalmente y permita que el concreto fluya hacia el exterior libremente.
- De manera simultánea, inicie el cronómetro y registre el tiempo que requiere el concreto para alcanzar el círculo de 500 mm. (Éste es el período T50 cm).
- Mida el diámetro final del concreto en dos direcciones perpendiculares.
- Calcule el promedio de los dos diámetros medidos. (Se trata del flujo de asentamiento en mm).
- Observe cualquier borde del mortero o la pasta de cemento sin agregado grueso en el límite del charco de concreto.

f) Interpretación del resultado

Cuanto mayor sea el valor del flujo de asentamiento, mayor será su capacidad para llenar el encofrado por su propio peso. Se requiere un valor de por lo menos 650 mm para considerar la mezcla como CAC, importante es

destacar que actualmente no existe un acuerdo general en cuanto a las tolerancias razonables sobre este parámetro.

El período T50 cm es una indicación secundaria del flujo. La investigación Brite Eu Ram sugirió que un tiempo de 2-7 segundos es aceptable en aplicaciones de ingeniería civil, mientras que de 2-5 segundos es correcto para las aplicaciones específicas que demanden mayor fluidez. Períodos inferiores indican una excesiva fluidez en la mezcla.

En el caso de una segregación grave la mayor parte del agregado grueso permanecerá en el centro del charco de concreto, y el mortero y la pasta de cemento en la periferia del concreto. En caso de una segregación menor puede producirse un borde de mortero sin agregado grueso en el límite del charco de concreto. Si no se produce ninguno de estos fenómenos, no es una garantía de que no se producirá segregación, puesto que se trata de un aspecto relacionado con el tiempo y que puede producirse después de un período más extenso.(Joel & Omar, 2014)

II. Método de Ensayo de Caja en L

a) Objetivo

Evalúa la capacidad de fluir del concreto y también la medida en la que está sujeto a bloqueos por parte del armado.

b) Principio teórico

Este ensayo, basado en un diseño japonés para el concreto submarino, ha sido descrito por Petersson et.

El aparato consiste en una caja de sección rectangular en forma de L, con una sección vertical y otra horizontal, separadas por una puerta móvil, delante de la cual se encajan longitudes verticales de barras de armado (Véase *Figura 6*). La sección vertical se llena de concreto, acto seguido se eleva la puerta para permitir que el concreto fluya hacia la sección horizontal, cuando el flujo se ha detenido, la altura del concreto al extremo de la sección horizontal se expresa como una proporción del restante en la sección vertical (H_2/H_1), que indica el alcance del concreto en reposo. Se trata de una medida de la

capacidad de paso, o del grado en que se restringe el paso del concreto a través de las barras.

La sección horizontal de la caja puede marcarse a 200 mm y 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 las 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.

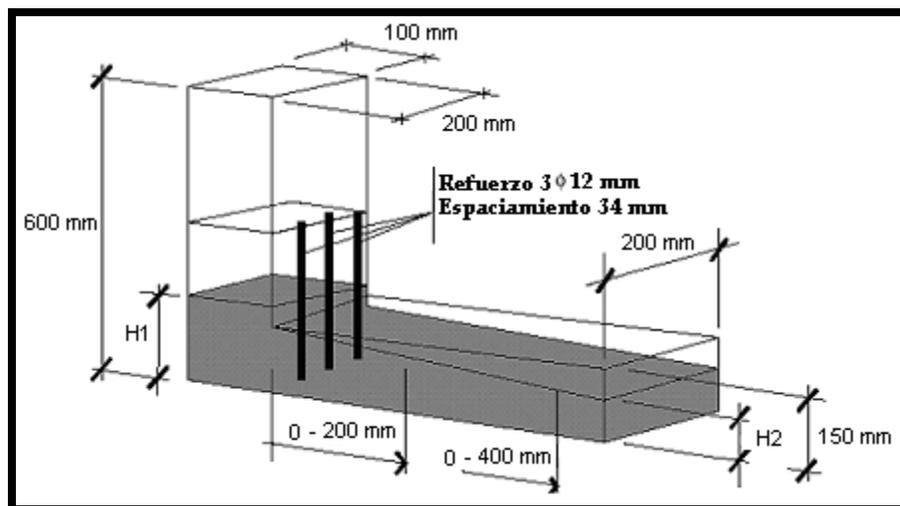


Figura 6: Caja en L

Fuente: Brite Eu Ram Proposal No. BE96-3801 (SCC), Task 8.4 Quality control. (Junio 2000).

c) Evaluación del ensayo

El uso de este ensayo es muy frecuente; es adecuado para el laboratorio y quizá también para el campo. Evalúa la capacidad de relleno y de paso del CAC y cualquier falta grave de estabilidad (segregación) puede detectarse posteriormente al ensayo cerrando e inspeccionando visualmente las fracciones del concreto en su sección horizontal. Lamentablemente, no existe

un acuerdo sobre los materiales y dimensiones, ni sobre la disposición de las barras de armado, de modo que resulta difícil comparar los resultados del ensayo.

Si se miden los tiempos serán necesarios dos operarios y es inevitable un cierto grado de error del operario.

d) Equipo

- Caja en L de un material rígido no absorbente.
- Espátula
- Palana
- Cronómetro

e) Procedimiento

- Se precisan unos 14 litros de concreto para realizar el ensayo, tomados como muestra de manera normal.
- Coloque el aparato sobre terreno firme y uniforme; asegúrese de que la compuerta deslizante puede moverse con libertad y luego ciérrela.
- Humedezca las superficies interiores del aparato y elimine el agua sobrante.
- Llene la sección vertical del aparato con la muestra de concreto.
- Déjelo reposar durante 1 minuto.
- Eleve la compuerta deslizante y deje que el concreto fluya hacia la sección horizontal.
- De manera simultánea, active el cronómetro y registre los tiempos que requiere el concreto para alcanzar las marcas de 200 mm y 400 mm.
- Cuando el concreto deje de fluir, se miden las distancias H1 y H2.
- Calcule $H2/H1$, la relación de bloqueo.
- Todo el ensayo ha de realizarse en menos de 5 minutos.

f) Interpretación del resultado

Si el concreto fluye tan libremente como el agua, en descanso estará horizontal, de modo que $H2/H1 = 1$.

En consecuencia, cuanto más cerca esté el valor de este ensayo a la unidad, mejor será el flujo del concreto. Los investigadores sugieren un valor mínimo aceptable de 0.8. Los períodos T20 y T40 pueden ofrecer una indicación sobre la capacidad de fluir, pero no hay un acuerdo general sobre los valores adecuados. Un bloqueo eficiente del agregado grueso detrás de las barras de refuerzo puede detectarse visualmente. (Joel & Omar, 2014)

III) Ensayo de Embudo V

a) Objetivo

Determinar la capacidad de relleno (fluidez) del concreto con un tamaño de agregado máximo de 20 mm.

b) Principio teórico

El ensayo se desarrolló en Japón y fue utilizado por Ozawa et al. El equipamiento consiste en un embudo en forma de V, (véase la *Figura 7*). Un tipo alternativo de embudo V, es el embudo O, con una sección circular, también se utiliza en Japón.

El embudo se llena con aproximadamente 12 litros de concreto y se mide el tiempo necesario para fluir a través del aparato. Después del proceso, el embudo puede volver a llenarse con concreto, que se deja reposar durante 5 minutos. Si el concreto muestra segregación, entonces el tiempo de flujo aumentará significativamente.

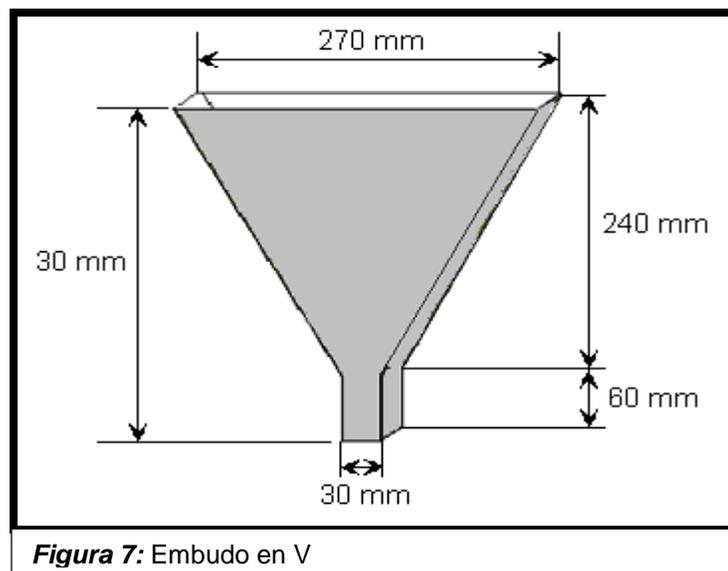


Figura 7: Embudo en V

Fuente: Ponencia en CAC, Masahiro Ouchi. México 2003.

c) Evaluación del ensayo

Aunque el ensayo se ha diseñado para medir la fluidez, el resultado se ve afectado por propiedades del concreto distintas a las del flujo. La forma de cono invertido consigue que cualquier tendencia del concreto a bloquearse se refleje en el resultado, cuando, por ejemplo, hay demasiado agregado grueso. Un tiempo de flujo elevado también puede asociarse con una escasa deformabilidad debido a una alta viscosidad de la pasta, y con una alta fricción entre las partículas.

Aunque el aparato es sencillo, el efecto del ángulo del embudo y el efecto del confinamiento sobre el flujo del concreto no están claros.

d) Equipo

- Embudo en V.
- Balde de 12 litros
- Espátula
- Palana
- Cronómetro

e) Procedimiento para el tiempo de flujo

- Se requieren unos 12 litros de concreto para realizar el ensayo, tomados como muestra de manera normal.
- Fije de manera firme el embudo V sobre el suelo.
- Humedezca las superficies interiores del embudo.
- Mantenga la trampilla abierta para permitir el drenaje del agua sobrante.
- Cierre la trampilla y coloque un balde debajo.
- Llene completamente el aparato con concreto sin compactarlo o presionarlo, sólo tiene que nivelar el concreto de la parte superior con la espátula.
- Abra la trampilla 10 segundos después del llenado y permita que el concreto salga por su propio peso.
- De manera simultánea, inicie el cronómetro y registre el tiempo.

- Active el cronómetro al abrir la trampilla y registre el tiempo hasta que se complete la descarga (el tiempo de flujo). Se considera que se ha completado cuando se ve la luz desde la parte superior a través del embudo.
- El ensayo completo debe realizarse en 5 minutos.

IV) Método de Ensayo de Caja en U

a) Objetivo

- Medir la capacidad de relleno de CAC.

b) Principio Teórico

Este ensayo fue desarrollado por el Technology Research Centre (Centro de Investigación Tecnológica) de Taisei Corporation en Japón. En ocasiones este ensayo se denomina “en forma de caja”. El ensayo se utiliza para medir la capacidad de relleno del CAC. El aparato consiste de un recipiente dividido por una pared intermedia en dos compartimientos (véase la *Figura 8*).

Se coloca una compuerta deslizante entre ambas secciones. Se instalan barras de refuerzo que presentan un diámetro nominal de 12.5 mm en la compuerta, con espacios entre ejes de 50 mm. De este modo se crea un espaciado libre de 35 mm entre las barras. La sección del lado izquierdo se llena con aproximadamente 20 litros de concreto y a continuación se eleva la compuerta y el concreto fluye hacia arriba hasta la otra sección. Se mide la altura del concreto en ambas secciones.

c) Evaluación de ensayo

Se trata de un ensayo fácil de realizar, aunque el equipo puede resultar difícil de fabricar. Ofrece una buena evaluación directa de la capacidad de relleno (esto es, literalmente, lo que tiene que hacer el concreto) modificada por un requisito sin medir de la capacidad de paso. El debate aún es vigente respecto a si el espacio de 35 mm entre las secciones de armadura puede considerarse demasiado estrecho y si una altura de llenado inferior a 30 cm sigue siendo aceptable.

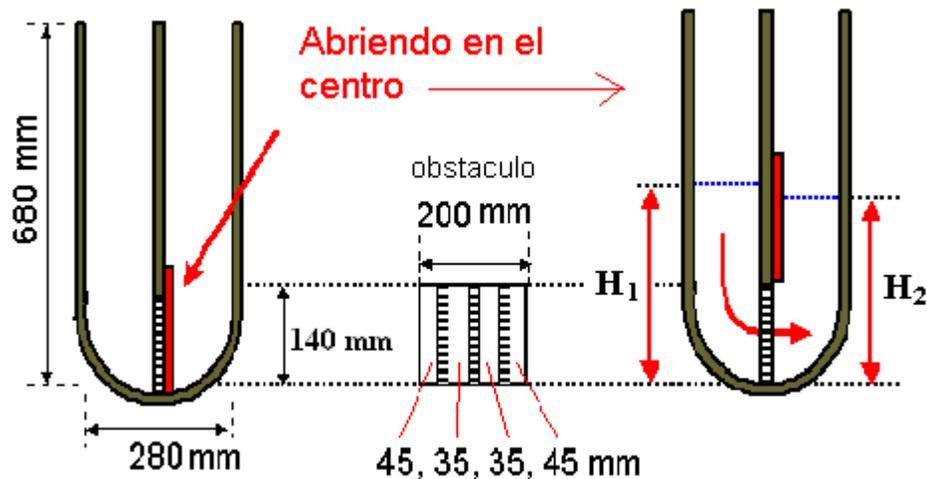


Figura 8: Caja en U.

Fuente: Ponencia en CAC, Masahiro Ouchi. México 2003.

d) Equipo

- Caja en U de un material rígido no absorbente, (véase la *Figura 8*).
- Espátula
- Palana

e) Procedimiento

- Se precisan unos 20 litros de concreto para realizar el ensayo, tomados como muestra de manera normal.
- Coloque el aparato sobre terreno firme y uniforme; asegúrese de que la compuerta deslizante puede moverse con libertad y luego ciérrela.
- Humedezca las superficies interiores del aparato y elimine el agua sobrante.
- Llene una sección del aparato con la muestra de concreto.
- Déjelo reposar durante 1 minuto.
- Eleve la compuerta deslizante y deje que el concreto fluya hacia el otro compartimiento.
- Después de dejar reposar el concreto, mida la altura del mismo en dos puntos en el compartimiento donde se depositó inicialmente el concreto, y calcule la media (H_1). De igual forma mida también la altura en el otro compartimiento (H_2).

- Calcule $H1 - H2$, la altura de llenado.
- Todo el ensayo ha de realizarse en menos de 5 minutos.

f) Evaluación del ensayo

Se trata de un ensayo fácil de realizar, aunque el equipo puede resultar difícil de fabricar. Ofrece una buena evaluación directa de la capacidad de relleno (esto es, literalmente, lo que tiene que hacer el concreto) modificada por un requisito sin medir de la capacidad de paso. El debate aún es vigente respecto a si el espacio de 35 mm entre las secciones de armadura puede considerarse demasiado estrecho y si una altura de llenado inferior a 30 cm sigue siendo aceptable.

g) Interpretación de resultado

Si el concreto fluye tan libremente como el agua, en descanso estará horizontal, de modo que $H1 - H2 = 0$.

En consecuencia, cuanto más cercano a cero sea el valor de este ensayo, la “altura de llenado”, mejor será la capacidad de relleno y paso del concreto. (Idalia, 2005)

V) Ensayo de Anillo J

a) Objetivo

- Determinar la capacidad de paso del concreto.

b) Principio Teórico

El principio del ensayo de Anillo J puede ser japonés, pero no se conocen referencias. El procedimiento del ensayo de Anillo J ha sido estudiado en la Universidad de Paisley. El ensayo se emplea para determinar la capacidad de paso del concreto. El equipamiento consiste en una sección en forma de anillo de acero abierto (300 mm de diámetro), 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, 3 veces el tamaño máximo del agregado puede ser apropiado. El diámetro del anillo de barras verticales es de 300 mm, y la altura de 100 mm.

El anillo J puede utilizarse conjuntamente con el ensayo de flujo de asentamiento, el ensayo Orimet o incluso el embudo V (véase la *Figura 9*). Estas combinaciones comprueban la capacidad de fluidez y (la contribución del anillo J) la capacidad de paso del concreto. El período de Orimet y/o extensión del flujo de asentamiento se miden del modo habitual para valorar las características del flujo. Las barras del anillo J pueden colocarse con el espaciado que se prefiera para imponer una prueba menos severa de la capacidad de paso del concreto.

Después del ensayo, se mide la diferencia de altura entre el concreto en el interior y justo en el exterior del anillo J. Se trata de una indicación de la capacidad de paso, o del grado en que el paso del concreto a través de las barras se ve restringido.

c) Evaluación del ensayo

Estas combinaciones de ensayos se considera que tienen un gran potencial, aunque no existe una perspectiva general sobre cómo deberían interpretarse exactamente los resultados. Existen varias opciones; por ejemplo, puede resultar instructivo comparar la extensión de la combinación anillo J y flujo de asentamiento, con el flujo de asentamiento sin restricciones.

Al igual que el ensayo del flujo de asentamiento, estas combinaciones presentan la desventaja de no estar limitadas, y por lo tanto no reflejan el modo en que el concreto se desplaza y autocompacta en la práctica.

La opción Orimet tiene la ventaja de ser un ensayo dinámico y que también refleja la colocación en la práctica, aunque tiene como inconveniente la exigencia de dos operarios.

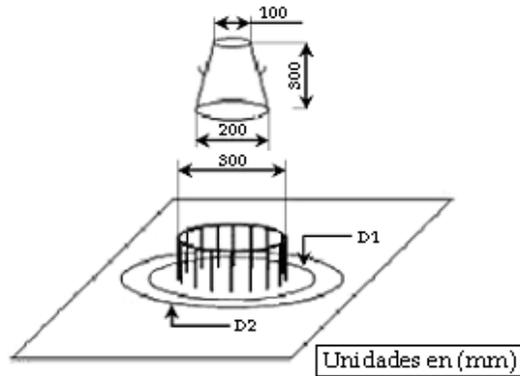


Figura 9: Anillo en J utilizado conjuntamente con el flujo de asentamiento.

Fuente: EFNARC (European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems).

d) Equipo

- Molde sin piezas de pie, en forma de un cono truncado, con dimensiones internas de 200 mm de diámetro en la base, 100 mm de diámetro en la parte superior y una altura de 300 mm.
- Placa base de asiento de un material rígido no absorbente, de por lo menos 700 mm x 700 mm, marcada con un círculo que indica la ubicación central del cono de asiento, y otro círculo concéntrico de 500 mm de diámetro.
- Espátula
- Palana
- Cinta métrica
- Anillo J, una sección en forma de anillo de acero abierto (300 mm de diámetro), perforado verticalmente con agujeros. En dichos agujeros pueden atornillarse secciones roscadas de barras de armadura (longitud de 100 mm, diámetro de 10 mm, espaciado de 48 mm).

e) Procedimiento

- Se requieren 6 litros de concreto para realizar el ensayo, que se toman como muestra de manera normal.

- Humedezca la placa base de asiento y el interior del cono de asentamiento.
- Coloque la placa de asiento sobre un terreno estable y coloque el Anillo J centrado en la placa base y el cono centrado en el Anillo J y manténgalo sujeto hacia abajo con firmeza.
- Llene el cono con concreto utilizando una pala. No tiene que compactarlo, tan sólo nivelar el concreto de la parte superior del cono con la espátula.
- Quite el concreto sobrante de alrededor de la base del cono.
- Eleve el cono verticalmente y permita que el concreto fluya hacia el exterior libremente.
- Mida el diámetro final del concreto en dos direcciones perpendiculares.
- Calcule el promedio de los dos diámetros medidos (en mm).
- Mida la diferencia de altura entre el concreto justo en el interior de las barras y el que se encuentra justo en el exterior de las mismas. Calcule el promedio de la diferencia de altura en cuatro lugares (en mm).
- Observe cualquier borde del mortero o la pasta de cemento sin agregado grueso en el límite del charco de concreto.

f) Interpretación de resultados

El flujo medido se ve afectado por el grado en que el movimiento del concreto está bloqueado por las barras de refuerzo. El alcance del bloqueo se ve mucho menos afectado por las características de flujo y podemos decir que, de manera clara, cuanto mayor sea la diferencia de altura, menor será la capacidad de paso del concreto. El bloqueo y/o segregación también puede detectarse visualmente, con frecuencia de manera más fiable que mediante el cálculo. (Joel & Omar, 2014)

VI) Resistencia a La Compresión Testigos Cilíndricos

a) Objetivo

- Comprobar si las previsiones que se hacen al diseñar una mezcla de concreto son adecuadas para cumplir con la resistencia de proyecto.

- Controlar la uniformidad de las resistencias y ajustarlas al nivel requerido durante la producción del concreto.
- Verificar la resistencia del concreto como se encuentra en la estructura.

b) Principio teórico

Determina el f'_c para el tiempo de curado de probetas de 7,14 y 28 días con una determinada mezcla de CAC.

c) Equipo

- Máquina de ensayos de compresión (Prensa Hidráulica)
- Probeta (espécimen cilíndrico de 4 "x 8")

d) Procedimiento

La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión. En la mayoría de los casos los requerimientos de la resistencia a la compresión se alcanzan a los 28 días. En este caso se realizarán 3 probetas cilíndricas que alcanzarán los 7,14 y 28 días de curado. La resistencia a la compresión del concreto se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir su fractura entre el área promedio de su sección transversal. Los ensayos a compresión se realizarán en especímenes cilíndricos de 4 x 8 pulgadas (100 x 200 mm) curados bajo agua en los días ya mencionados.

VII) Ensayo de Ultrasonido

a) Objetivo

- Constatar si los materiales en el interior de una estructura de concreto están realmente cumpliendo con sus funciones de formar parte de este sin formar vacíos.

- Verificar la aglomeración de los materiales naturales y el material cementante, de tal manera que la relación entre el tiempo en que demora el sonido y la velocidad con la que recorre de extremo a extremo sea la más óptima posible (100%).

b) Principio Teórico

Entre las técnicas que se utiliza en el ensayo no destructivo de ultrasonido está como la norma ASTM E 114 -95 explica la técnica de la práctica de ultrasonido pulso – eco en pruebas de contacto directo que se encarga de captar el flujo de los rayos del incidente, u onda longitudinal por ultrasonido para la detección y evaluación de discontinuidades en los materiales aquellos que requieren un examen volumétrico.

El principio físico del movimiento de una onda acústica, ha encontrado aplicaciones muy importantes tanto en la medicina como en la industria, particularmente el método del ultrasonido y su naturaleza no destructiva, en el ensayo de los materiales, sirve netamente para detectar los defectos interiores, deducir sus propiedades, así como conocer la corrosión y su magnitud, en conjunto con aparición de fisuras.

c) Equipo

- Equipo de ultrasonido
- Gel ecográfico
- Transductores de energía

d) Procedimiento

Se calibra el equipo hasta que se ubique en una secuencia óptima para su utilización, luego se colocan los transductores a los extremos de la probeta o testigo a utilizarse y se ejecuta la función en el equipo mediante un botón para empezar el proceso para finalmente tomar lectura a los datos arrojados en la pantalla, después interpretamos aquellas lecturas para disponer una conclusión acerca del estado en que se encuentra la muestra de concreto.

5. Determinación de proporciones para dosificación

En este proceso se definió las cantidades de cada uno de los agregados que participaran de los ensayos de la mezcla de CAC, ya sea de agregado fino, agregado grueso, cemento, agua y el aditivo correspondiente antes mencionado, estos datos se obtuvieron aplicando lo establecido en la norma de ASTM y con la ayuda de papers para ensayos de concreto autocompactable.

6. Adición del Aditivo Superplastificante Sika ViscoCrete – 1110 PE y Microsilice Sika Fume

Dado el hecho de que las proporciones propuestas anteriormente fueron dosificadas de manera correcta para un concreto convencional, se tiene que proceder inmediatamente a adicionar un porcentaje determinado para el aditivo superplastificante y Microsilice Sika Fume, con esto se logró obtener un CAC confiable, también se determinó para la mezcla que la temperatura se encuentre en el grado correcto y se determinó el tiempo de secado y su posterior curado.

7. Pruebas de Laboratorio

Estas pruebas de laboratorio se realizó para determinar la fluidez, asentamiento y extensibilidad del CAC, la capacidad que tiene el CAC para conglomerar sus agregados de una manera automática, la forma que tomará el CAC después de retirarle el encofrado verificando que no se observen cangrejas ni segregaciones, y la resistencia a la compresión del CAC para lograrlo emplearemos el ensayo con el Cono de Abrams, 5 tipos de ensayos que determinaran las características del CAC y la máquina compresora respectivamente.

8. Análisis y Sistematización de resultados obtenidos

Los resultados que se obtuvieron de los ensayos a practicar, serán estudiados y observados detenidamente, para así obtener de forma exacta todos los datos que se necesiten y llegar a desarrollar los objetivos

planteados anteriormente, llegando a verificar así la importancia de esta investigación.

9.- Evaluación Económica

Se llevó a cabo esta evaluación en función de la metodología y los recursos humanos necesarios para el desarrollo del tema a investigar, de manera que se compruebe que es rentable el uso de CAC y que no altera ninguna de las propiedades del concreto convencional, sino que obtiene las mismas propiedades estructurales y una vida útil igual o superior al del concreto convencional.

3.7.3. Equipos materiales e instrumentos

ENSAYO	INSTRUMENTOS Ó EQUIPOS
Análisis Granulométrico por Tamizado	Juego de tamices (3', 2 ½', 2', 1 ½', 1', ¾', ½', 3/5', ¼', No 4, No 10, No 40, No 60, No 100, No200)
Peso unitario suelto y compactado	Molde metálico, balanza, cucharón, varilla de acero y en razador.
Contenido de humedad	Recipientes y Horno.
Peso específico y absorción	Balanza, horno, canastilla, fiola, secadora y recipientes.
Módulo de Fineza	Juego de tamices (3', 2 ½', 2', 1 ½', 1', ¾', ½', 3/5', ¼', No 4, No 10, No 40, No 60, No 100, No200)

Ensayo en Caja L	Caja en L de un material rígido no absorbente, Espátula, Palana, Cronómetro, acero.
Ensayo en embudo V y Ensayo de embudo V T5 min.	Embudo en V, Balde de 12 litros, Espátula, Palana, Cronómetro
Ensayo en Caja U	Caja en U de un material rígido no absorbente, Espátula, Palana, Cronómetro, acero.
Anillo Japonés o J Ring	Anillo con armadura de 10mm., cinta métrica, cono de Abrams, espátula, balde.
Resistencia a la Comprensión	Testigos Cilíndricos, máquina compresora

Fuente: LEM UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN – SIKA PERÚ – BRITE EURAM PROPOSAL N° BE96-3801(SCC)

EQUIPOS

MATERIALES

Los materiales necesarios para el desarrollo del presente trabajo son:

Cemento

Agregado grueso

Agregado fino

Agua

Aditivo Sika ViscoCrete – 1110 PE

Aditivo Microsilice Sika Fume

INSTRUMENTOS

Programa MICROSOFT EXCEL 2010.

Programa MICROSOFT WORD 2010.

3.7.4. Recursos Humanos

Ingeniero especialista en Concreto	1
Estudiantes	2

3.7.5. Fórmulas

ENSAYO	FÓRMULAS
Análisis Granulométrico por Tamizado Y Módulo de Fineza	<p>Porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N° 200)</p> $\%Pasa\ 0.074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en la tamiz de 0.074, mm}}{\text{Peso Total}} \times 100$
	<p>Porcentaje retenido</p> $\%Re\ tenido = \frac{\text{Peso retenido en la tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$
	<p>Porcentaje más fino.</p> $\% Pasa = 100 - \% Retenido\ acumulado$
Peso unitario suelto y compactado	$Peso\ Unitario\ Suelto\ Humedo = \frac{Peso\ de\ muestra}{Volumen\ de\ molde}$ $Peso\ Unitario\ Suelto\ Seco = \frac{P. U. S. H}{\left(1 + \frac{C.H}{100}\right)}$ $Peso\ Unitar\ Compactado\ Humedo = \frac{Peso\ de\ muestra}{Volumen\ de\ molde}$ $Peso\ Unitario\ Seco\ Compactado = \frac{P. U. C. H}{\left(1 + \frac{C.H}{100}\right)}$
Contenido de Humedad	$Contenido\ de\ humedad = \left(\frac{P. M. H - P. M. S}{P. M. S - P. R}\right) \times 100$
Peso específico y Absorción	$Peso\ específico\ de\ masa(A. F) = \frac{Peso\ de\ la\ muestra\ seca\ al\ horno}{(Volumen\ del\ frasco - Peso\ del\ agua)}$ $P. E. M. Saturado\ Superficialmente\ Seco = \frac{Volumen\ del\ frasco}{(Vol. Frasco - P. Agua)}$

ENSAYO	FÓRMULAS
	$P.E. \text{ Aparente} = \frac{P.M. \text{ Seca al horno}}{((Vol. \text{ Frasco} - P. \text{ Agua}) - (Vol. \text{ Frasco} - P.M. \text{ Seca al horno}))}$ $\text{Porcentaje de Absorción} = \frac{Vol. \text{ Frasco} - P.M. \text{ Seca al horno}}{P.M. \text{ Seca al horno} \times 100}$ $Peso \text{ específico de masa (A.G)} = \frac{Peso \text{ de la muestra seca al horno}}{(P.M.S. \text{ superficialmente seca} - P.M.S. \text{ dentro del agua})}$ $P.E.M. \text{ Saturado Superficialmente Seco} = \frac{P.M.S. \text{ superficialmente seca}}{(P.M.S. \text{ superficialmente seca} - P.M.S. \text{ dentro del agua})}$ $P.E. \text{ Aparente} = \frac{P.M. \text{ Seca al horno}}{(P.M. \text{ Seca al horno} - P.M.S. \text{ dentro del agua})}$ $\text{Porcentaje de Absorción} = \frac{P.M.S. \text{ superficialmente Seca} - P.M. \text{ Seca al horno}}{P.M. \text{ Seca al horno} \times 100}$
<p>Ensayo en Caja de L</p>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $\text{Relación de Bloqueo} = \frac{H1}{H2}$ </div> <ul style="list-style-type: none"> - H1.- Primera altura llegando perpendicularmente al canal. - H2.- Segunda altura, cuando el concreto deja de fluir. - H1/H2 >= a 0.8
<p>Diseño de Mezclas, Método ACI</p>	<p style="text-align: center;">Relación Agua-Cemento (Interpolar)</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $\frac{f'c \ 3 - f'c \ 1}{f'c \ 2 - f'c \ 1} = \frac{\text{coef. 3} - \text{coef. 1}}{\text{coef. 3} - \text{coef. 2}}$ </div> <ul style="list-style-type: none"> • Los coeficientes se determinan siempre y cuando tengamos un F'c desconocido, también se determinan según si la mezcla se prepara con aire incorporado o no, según Tabla 6.1.(Ver Anexos N° 3)

ENSAYO	FÓRMULAS
	<p style="text-align: center;">Relación agua/cemento = R a/c</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $R a/c = \frac{\text{Agua (Its)}}{C}$ </div> <ul style="list-style-type: none"> - Agua.- Se determina según tabla (Volumen Unitario de gua) - C.- Cemento <p>C = Volumen de cemento en mezcla. A.G. = Volumen de agregado grueso en mezcla. A.F. = Volumen de agregado fino en mezcla. Agua = Volumen de agua en mezcla. Aire = Volumen de aire en la mezcla.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 45%; text-align: center;"> $C = \frac{\text{Peso de cemento}}{P. esp. \times 1000}$ </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 45%; text-align: center;"> $A. G. = \frac{\text{Peso de Agregado}}{P. esp. \times 1000}$ </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 45%; text-align: center;"> $\text{Agua} = \frac{\text{Peso del Agua}}{1000}$ </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 45%; text-align: center;"> $\text{Aire} = \frac{\text{Porcentaje de aire}}{1000}$ </div> </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center; margin-top: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $A. F. = 1 - \Sigma(C, A. G., \text{Agua}, \text{Aire})$ </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Corrección por humedad</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $\text{Agregados} = \left(\frac{\% \text{ humedad}}{100} + 1 \right)$ </div>

ENSAYO	FÓRMULAS
	<p style="text-align: center;">Corrección por Absorción o Agua efectiva</p> <p>% A. B. = Absorción. % H = Humedad</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $\text{Agregados por Absorción} = \text{Peso} \left(\frac{\% A.B. - \% H}{100} \right)$ </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $\text{Agua Efectiva} = \text{Agua} + \Sigma (\text{Agregados por absorción})$ </div> <p style="text-align: center;">Proporciones en Peso (kg.)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 45%;"> $C = \frac{\text{Peso de cemento (kg.)}}{\text{Peso de cemento (kg.)}}$ </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 45%;"> $A. F. = \frac{\text{Peso de A. F. (kg.)}}{\text{Peso de cemento (kg.)}}$ </div> </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $A. G. = \frac{\text{Peso de A. G. (kg.)}}{\text{Peso de cemento (kg.)}}$ </div> <p style="text-align: center;">Proporciones en Volumen (p^3)</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $C = 1 p^3$ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 60%;"> $A. G. = \frac{P. P. A. G. (kg.) \times 42.5 \times 35.31}{\text{Peso unitario suelto seco A. G. (kg./m}^3\text{)}}$ </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 30%;"> $\text{Agua} = R \left(\frac{a}{C} \right) \times 42,5$ </div> </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 60%;"> $A. F. = \frac{P. P. A. F. (kg.) \times 42.5 \times 35.31}{\text{Peso unitario suelto seco A. F. (kg./m}^3\text{)}}$ </div>
	<ul style="list-style-type: none"> - P. P. A. G. = Proporción en peso de agregado grueso. - P. P. A. F. = Proporción en peso de agregado fino.

Fuente: LEM UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN – SIKA PERÚ – BRITE EURAM PROPOSAL N° BE96-3801(SCC).

3.7.6. Diseño

Las propuestas del diseño se obtuvieron después de analizar los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio, teniendo en cuenta que estas propuestas sean viables económica, social, y ambiental.

3.7.7. Costos de Investigación y Desarrollo

Materiales	Cantidad	P.U	P.T	Total
Agregado Grueso	1	60.5	60.50	
Agregado Fino	1	42.7	42.70	
Cemento	4	23.5	94.00	
Aditivo Sika Viscocrete - 1110 PE	2	55.9	111.89	
Aditivo Microsilice Sika Fume	1	265.27	265.27	
				574.36
Ensayos	Cantidad	P.U	P.T	Total
Análisis granulométrico por tamizado	2	25.00	50.00	
Peso unitario suelto y compactado	2	30.00	60.00	
Contenido de humedad	2	10.00	20.00	
Peso específico y Absorción de AF	1	30.00	30.00	
Peso específico y Absorción de AG	1	30.00	30.00	
Resistencia a la compresión	28	15.00	420.00	
Extensibilidad de flujo T50	1	150.00	150.00	
Caja en L	1	150.00	150.00	
Embudo en V	1	150.00	150.00	
Anillo Japonés	1	150.00	150.00	
Caja en U	1	150.00	150.00	
Ultrasonido	1	329.00	329.00	
				1689.00
Varios	Cantidad	P.U	P.T	Total
Copias e Impresiones	1	550.0	550.00	
Pasajes	1	600.0	600.00	
Imprevistos	2	500.0	1000.00	
Otros	2	500.0	1000.00	
				3150.00
Presupuesto total				S/. 5,413.36

Fuente: Elaboración Propia (2016)

El aproximado al costo por investigación del tema es **CINCO MIL CUATROCIENTOS TRECE con 36/100** soles.

3.7.8. Normatividad

ASTM C 150: “Especificación Estándar por Cemento Portland”

ASTM C 161: “Especificaciones de morteros para Albañilería”

ASTM C 1621: “Método de prueba estándar para la capacidad de paso del hormigón autocompactante”

ASTM C 494: “Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para concreto

ASTM C 1017: “Especificación estándar para aditivos químicos para uso en la producción de hormigón que fluye”

ASTM C 1240: “Especificación estándar para el humo de sílice usados en mezclas de cemento”

ASTM C 1611: “Método de prueba estándar para flujo de asentamiento del hormigón autocompactante”

CSA - A 3001 – 03: “Materiales de cemento para uso en concreto”

ASTM E 114 95: “Práctica estándar para ultrasónico Pulso-Eco, pruebas por el método de contacto”

3.7.9. Gestión de Riesgos

Lo que corresponde a gestión de riesgos, se tuvo en cuenta para la elaboración de ensayos lo siguiente:

Equipo De Seguridad: Utilizar el equipo necesario para realizar los ensayos en laboratorio, esto es (gafas, mascarillas, guantes, casco), durante el proceso de la mezcla de los materiales y para la exposición a altas temperaturas.

Manipulación De Equipos: Se tendrá un especial cuidado en el manejo de los equipos, controlando el correcto uso para obtener resultados exactos y evitar accidentes por un mal manejo.

Control de Materiales: Se brindará una especial importancia al traslado y uso de los materiales a utilizar para obtener los resultados establecidos según los parámetros guía.

3.7.10. Gestión Ambiental

Las acciones correspondientes al cuidado del medio ambiente se darán en nuestra investigación a través de:

Reducción de explotación de canteras: Mitigación de los impactos ambientales negativos que se dan en las canteras locales, utilizando otras alternativas se contribuye al cuidado y a la explotación adecuada para de esa

manera obtener materiales de calidad y por consiguiente realizar nuestros ensayos de manera correcta, obteniendo los resultados esperados.

3.8. Análisis Estadístico e Interpretación de los Datos

Tomando como referencia las normas y los ensayos antes mencionados del concreto autocompactable para edificaciones, se podrá ver el concreto en estado fresco y endurecido, del cual se podrá observar sus propiedades y cómo se comporta la estructura.

Para la realización del diseño de un concreto autocompactable para edificaciones serán necesarios distintos materiales, los cuales serán requeridos en distintas proporciones para lograr el diseño de mezcla necesario.

Por lo consiguiente el plan de análisis estadístico de datos actual en la investigación se dará mediante ensayos donde se podrán observar las propiedades de este concreto ya antes mencionadas en estado fresco y endurecido.

3.9. Principios Éticos

3.9.1. Ética de la recolección de datos:

Corresponde a la realización de recolección de datos con veracidad, no se falsificará ningún dato o resultado, ya que esta información podrá ser usada en el futuro por otros investigadores y para nosotros mismos, los cuales serán usado para la realización de esta investigación, lo que se desea dejar un buen precedente con información actualizada y veraz para la orientación y base de trabajos afines en el futuro.

3.9.2. Ética de la publicación

La presente investigación se realizó con el fin de aportar nuevos conocimientos en la rama del concreto, para que posteriormente sea usada como referencias a temas similares, se debe realizar el debido reconocimiento a los autores mediante citas, el hacer esto es un fin de justicia y lucha contra el plagio.

3.9.3. Ética de la aplicación

Los beneficios futuros que se puedan obtener a través de esta investigación deben estar acorde con el código ético de la profesión, ya que es

importante reconocer las ventajas y desventajas que se pueden originar y de qué forma estas contribuyen o afectan a la sociedad.

3.9.4. Código ético de la profesión

Se tuvo como base al código ético del Ingeniero Civil, elaborado por el Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) en el cual se establece todas las sanciones que serán aplicadas a las faltas al comportamiento preceptuado por el Código.

Por ello esta investigación quedara sujeta a dicho código.

CAPÍTULO III

Sub Capítulo I

DE LA RELACIÓN CON LA SOCIEDAD

Artículo 99.- Los ingenieros cuidarán que los recursos humanos, económicos, naturales y materiales, sean racional y adecuadamente utilizados, evitando su abuso o dispendio, respetarán y harán respetar las disposiciones legales que garanticen la preservación del medio ambiente.

Artículo 100.- Los ingenieros ejecutarán todos los actos inherentes a la profesión de acuerdo a las reglas técnicas y científicas procediendo con diligencia; autorizarán planos, documentos o trabajos solo cuando tengan la convicción de que son idóneos y seguros, de acuerdo a las normas de Ingeniería.

Artículo 103.- Los ingenieros están obligados a cuidar el territorio de trabajo de la ingeniería peruana y fomentar el desarrollo tecnológico del Perú.

Sub Capítulo II

DE LA RELACIÓN CON EL PÚBLICO

Artículo 106.- Los ingenieros, al explicar su trabajo, méritos o emitir opiniones sobre temas de ingeniería, actuarán con seriedad y convicción, cuidando de no crear conflictos de intereses, esforzándose por ampliar el conocimiento del público a cerca de la ingeniería y de los servicios que presta a la sociedad.

Artículo 107.- Los ingenieros no participarán en la difusión de conceptos falsos, injustos o exagerados acerca de la ingeniería en la actividad pública o privada, de proyectos, productos, métodos o procedimientos relativos a la ingeniería.

Sub Capítulo III**DE LA COMPETENCIA Y PERFECCIONAMIENTO DEL PROFESIONAL**

Artículo 109.- Los ingenieros realizarán trabajos de ingeniería solamente cuando cuenten con estudios o experiencia en el campo específico de la ingeniería de que se trata.

Artículo 110.- Los ingenieros podrán aceptar trabajos que requieran estudios o experiencias ajenos a los suyos, siempre que sus servicios se limiten a aquellos aspectos para los cuales están calificados, debiendo los demás ser realizados por asociados, consultores o empleados calificados.

Artículo 111.- Los ingenieros autorizarán planos, documentos o trabajos sólo cuando hayan sido elaborados por ellos, o ejecutados bajo su control.

Sub Capítulo IV**DE LA PROMOCIÓN Y PUBLICIDAD**

Artículo 115.- Los ingenieros podrán hacer promoción de sus servicios profesionales sólo cuando ella no contenga lenguaje jactancioso o engañoso o en cualquier forma denigrante de la profesión.

En la promoción que realicen los ingenieros se abstendrán de garantizar resultados que por razones técnicas, económicas o sociales sean de imposible o dudoso cumplimiento.

3.10. Criterios de rigor científico**1.- Generalidades**

Mediante los ensayos a realizados se obtuvieron las respuestas necesarias para dar validez a las fuentes teóricas dadas y así obtener los resultados esperados según nuestra investigación.

2.- Fiabilidad

Todos los ensayos a realizados en dicha investigación, son confiables de manera que se contó con el equipo necesario y los cuidados respectivos para su realización a medida que la recolección de datos se diera de manera segura y por ende obtener veracidad en los resultados.

3.- Replicabilidad

El diseño de nuestro proyecto en estudio es supeditado a diversos factores que van a contribuir con los resultados a obtener:

Factores económicos: Elevados costos para su elaboración, debido a que no todos los materiales se encuentran a disposición, sino que, se irán adquiriendo en el transcurso del desarrollo.

Factores tecnológicos: Se contó con algunos de los equipos adecuados y necesarios para los ensayos en el Laboratorio de la USS.

CAPITULO IV:
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS
RESULTADOS

4.1. Resultados en tablas y figuras

El diseño y caracterización del concreto autocompactable se ha basado en la aplicación de la experiencia adquirida con el concreto convencional. Aún no existe un método universalmente aceptado para su diseño.

En esta sección se establece un método para diseñar CAC, desarrollando un procedimiento conceptual para luego verificar su validez con pruebas de laboratorio.

Para llegar a un diseño de concreto que cumpla con los requisitos de autocompactabilidad se elaboraron 3 mezclas referenciales que debían satisfacer parámetros básicos del concreto autocompactante como: Capacidad de relleno, capacidad de paso y Resistencia a la segregación.

Los primeros ensayos realizados fueron para las proporciones de agregados, cemento, agua y aditivos para el Diseño de un Concreto Autocompactable, cumpliendo con las normas establecidas.



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO AUTOCOMPACTABLE

Pag. 1 de 1

Tesistas : Rabanal Gonzales Diana Carolina
 Su Chaqui Alexander Rafael

Tesis : DISEÑO DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTABLE

Lugar : Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Pimentel, 28 de Marzo del 2016
 Fecha de emisión : Pimentel, 23 de Mayo del 2016

DISEÑO DE MEZCLA FINAL (ACI 211) $F'c = 500 \text{ kg/cm}^2$

DISEÑO CONVENCIONAL

Materiales	Tanda
0	0.01
Cemento	6.45986
Agua	2.1317538
Arena	7.4290103
Grava	7.7258548
Total	23.746479

ADITIVO SIKA VISCOCRETE 1110-PE
 (Corresponde al 1% - 2%)

1.5

Material	Peso	Aditivo(Kg)	Aditivo(gr)
Cemento	6.45986	0.0968979	96.90

ADITIVO MICROSILICE SIKA FUME

(Corresponde al 10% del total del peso de cemento)

Material	Peso	Aditivo(Kg)	Aditivo(gr)
Cemento	6.45986	0.645986	645.985997

DISEÑO DE CONCRETO AUTOCOMPACTABLE

Material	Tanda (Gr)
Cemento	6459.86
Agua	2131.7538
Arena	7429.0103
Grava	7725.8548
Aditivo SVC	96.90
Aditivo MSF	645.986

- **Ensayos de Trabajabilidad del CAC**

Para determinar si un concreto en estado fresco es autocompactable debe presentar tres requisitos fundamentales: Capacidad de relleno, capacidad de paso y Resistencia a la segregación.

Para analizar la capacidad de relleno del CAC se deberán analizar los ensayos del flujo de revenimiento con el cono de Abrams invertido y el ensayo del embudo en V.

Para analizar la capacidad de paso del CAC se deberán analizar los ensayos del anillo en J, caja en L y la caja en U.

Para analizar la resistencia a la segregación del CAC se deberá analizar el ensayo de extensibilidad de flujo observando si el CAC presenta sólo mortero en sus bordes y se estanca el agregado grueso en su punto medio.

- **Ensayo de Extensibilidad**

Procedimiento:

Se cercioró que la superficie plana o base está firme y perfectamente horizontal. Se humedeció con agua, teniendo especial cuidado en no dejar agua libre. Se humedeció de igual manera el interior del cono y se colocó el cono sobre la base.

Sujetamos firmemente el cono y lo rellenamos vertiendo el CAC con ayuda de un balde y sin ningún tipo de compactación y/o vibración.

Rasamos el concreto de la superficie con el borde superior del cono con espátula.

Antes de que transcurriera 1 minuto se levantó verticalmente el cono, de forma cuidadosa y continua, dejando que el concreto se extienda sobre la base.

Tomamos el tiempo en el cual el flujo de concreta demora en alcanzar un diámetro de 50 cm (5 seg.).



Figura 10: CAC probado en Ensayo de Extensibilidad de Flujo

Tomamos el diámetro máximo alcanzado por el concreto en dos direcciones perpendiculares (71 cm. Y 72 cm.) Cuando éste ha terminado de fluir.



Figura 11: Se tomó las medidas de la extensibilidad en forma transversal y longitudinal.

Leyenda:

- Placa de acero no absorbente
- Cinta Métrica

ENSAYO TEÓRICO(T50)	ENSAYO REALIZADO(T50)
3 – 7 seg.	5 seg.

- **Ensayo de Anillo Japonés**

Procedimiento:

Nos aseguramos previamente que la superficie plana o base se disponga horizontalmente, y se humedeció con agua como en el ensayo anterior, cuidando de no dejar agua libre.

Se humedeció de igual manera el interior del cono; y se colocó el cono sobre base. Colocamos sobre la base el anillo de forma concéntrica al cono.



Figura 12: Equipo para Ensayo de J – Ring, o Anillo Japonés

Vertimos el concreto rellenando el cono de forma continua y sin compactación alguna.



Figura 13: CAC vertido al interior de Cono de Abrams para desarrollo de ensayo.



Figura 14: El CAC se deja reposar por unos segundos para luego retirar en Cono para observar la capacidad de paso y relleno con la que trabaja.

Leyenda:

- Placa de acero no absorbente
- Cono de Abrams
- J-Ring o Anillo Japonés
- Cronómetro

Se enrasó el concreto en el borde superior del cono y, antes de que transcurriera 1 minuto, se levantó el cono en dirección vertical, de forma cuidadosa y continua, dejando que el concreto fluya extendiéndose sobre la base y atravesando el anillo.

Posteriormente se midieron las alturas A1 (altura del hormigón en la parte interna del anillo igual a 10.5 cm.) y la altura A2 (altura en la parte externa del anillo igual a 10.5 cm.).

Después tomamos el diámetro máximo alcanzado por el concreto en dos direcciones perpendiculares (72 cm. Y 73 cm.) Cuando éste ha terminado de fluir.

- **Ensayo del Embudo en “V”**

Procedimiento:

Se preparó el Embudo V humedeciendo su interior, y se colocó en posición vertical sobre una superficie plana, firme y bien nivelada.

Se colocó bajo el embudo el recipiente para recoger el concreto.

Tras cerciorarnos de que la compuerta está completamente cerrada, vertimos la tanda de concreto (aproximadamente 12 litros) de manera continua y sin vibración.



Figura 15: Vertido de CAC al interior del recipiente en forma de embudo.

Leyenda:

- Recipiente para recibir CAC
- Embudo en “V” de un material rígido no absorbente
- Cronómetro

Se niveló el concreto en la parte superior del embudo. Dejamos transcurrir entre 10 segundos.

Abrimos la compuerta de la base y medimos el tiempo que tardó el volumen total de concreto en fluir a través del embudo (10 seg.).

Para determinar el final del paso del concreto se observó el flujo de éste desde la parte superior del embudo deteniendo el cronómetro al aparecer los primeros rayos de luz en el fondo.

ENSAYO TEORICO	ENSAYO REALIZADO
10 seg.(Adecuado)	10 seg.

- **Ensayo de la Caja “L”**

Procedimiento:

Se montó la caja con las barras de armadura y la separación elegida (34 mm.). Se humedeció las paredes interiores, sin dejar agua libre. Nos aseguramos que la caja esté dispuesta horizontalmente y la compuerta tenga movilidad sin problemas, también verificamos que este esté totalmente apoyada y nivelada en su base.



Figura 16: Caja “L” en diferentes ángulos comprendida por una columna vertical y un canal horizontal.

Se vertió el (aproximadamente 14 litros) en la parte vertical de la caja y se dejó reposar durante 1 min. Tal y como especifica Petersson y Billberg (1999).



Figura 17: Vertido de CAC al interior de la columna de la caja en sentido vertical.

Este tiempo permitió realizar una primera evaluación visual de la estabilidad (segregación) de la muestra.

Se abrió la compuerta rápidamente y se dejó fluir el concreto hacia la parte horizontal, atravesando las barras de armadura.

Se tomaron los tiempos cuando el concreto alcanzó los 20 cm. (2 seg.) y 40 cm. (5 seg.) de longitud de recorrido.



Figura 18: Toma de tiempo con cronometro para 20 cm de canal, evaluación de capacidad de relleno.



Figura 19: Toma de tiempo con cronómetro para 40 cm de canal, evaluación de capacidad de relleno.

Leyenda:

- Caja en “L” de un material rígido no absorbente
- Cronómetro

Posteriormente se midieron las alturas H1 (altura del concreto en la parte seguida de la compuerta (8.3 cm.)) y H2 (altura del concreto en la parte final de la caja (7.5 cm.)) y su relación de bloqueo que se discute a partir de la división de $H2/H1$ tenemos un cociente de 0.90, donde si la relación es más cercana a la unidad el concreto autocompactable es de mejor calidad, los rangos establecidos son desde 0.80 hasta 1.00.



Figura 20: Visualización de CAC vertido en todo el tramo del canal, se procede a verificar después la relación de bloqueo tomando medidas en ambos extremos de la caja.

ENSAYO TEORICO	ENSAYO REALIZADO
0.80 – 1.00	0.90

- **Ensayo de la Caja “U”**

Procedimiento:

Se montó la caja con las barras de armadura de 10 mm. y la separación elegida (34 mm.).

Se humedeció las paredes interiores, sin dejar agua libre.

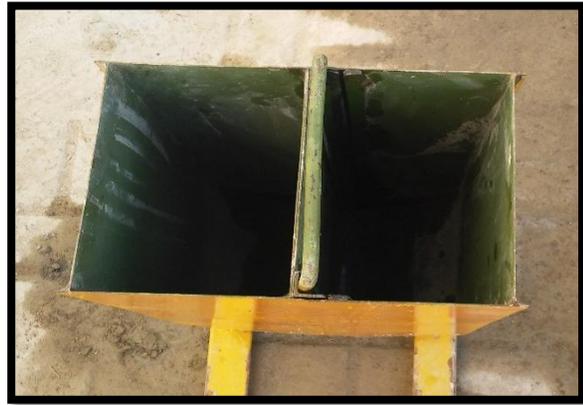


Figura 21: Caja en U, comprendida de un material rígido no absorbente, comprendida por una compuerta en su parte media que separa ambos lados.

Leyenda:

- Caja en “U” de un material rígido no absorbente
- Cinta Métrica

Se aseguró que la caja esté dispuesta horizontalmente y la compuerta tenga movilidad sin problemas, también verificamos que este esté totalmente apoyada y nivelada en su base.

Se vertió el (aproximadamente 12 litros) en la parte izquierda de la caja y se dejó reposar durante 1 min. Tal y como lo describe la Technology Research Centre de Taisei Corporation (Japón).

Este tiempo permitió realizar una primera evaluación visual de la estabilidad (segregación) de la muestra.



Figura 22: Vertido de CAC al interior de la Caja en U.

Posteriormente se elevó la compuerta dejando fluir el concreto de un lado a otro donde se tomará la diferencia de alturas que adquiere el CAC entre los dos lados donde mientras más se aproxime a 0 cm. el CAC se torna de mejor calidad.



Figura 23: Apertura de compuerta de la caja en U, evaluación de capacidad de paso.

Las alturas adquiridas en ambos lados con respecto al borde de la caja son de 31 cm. dando una diferencia de 0 cm. lo cual indica la optimización y calidad del CAC.



Figura 24: Verificación de capacidad de

ENSAYO TEÓRICO	ENSAYO REALIZADO
0 cm.	0 cm.

- **Ensayo de Resistencia a la compresión con Testigos Cilíndricos**

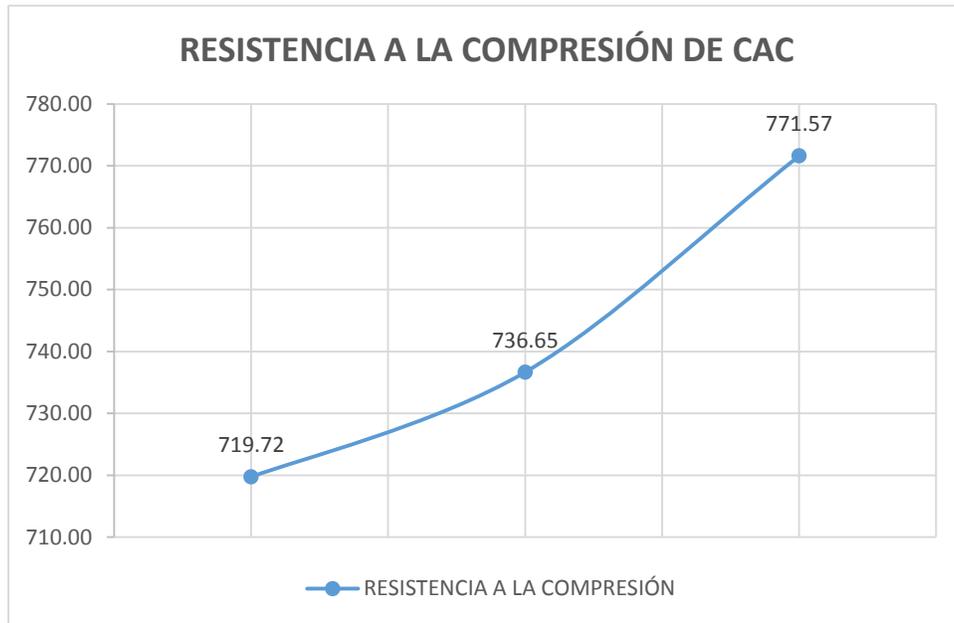


Figura 25: Resistencia a la Compresión del CAC

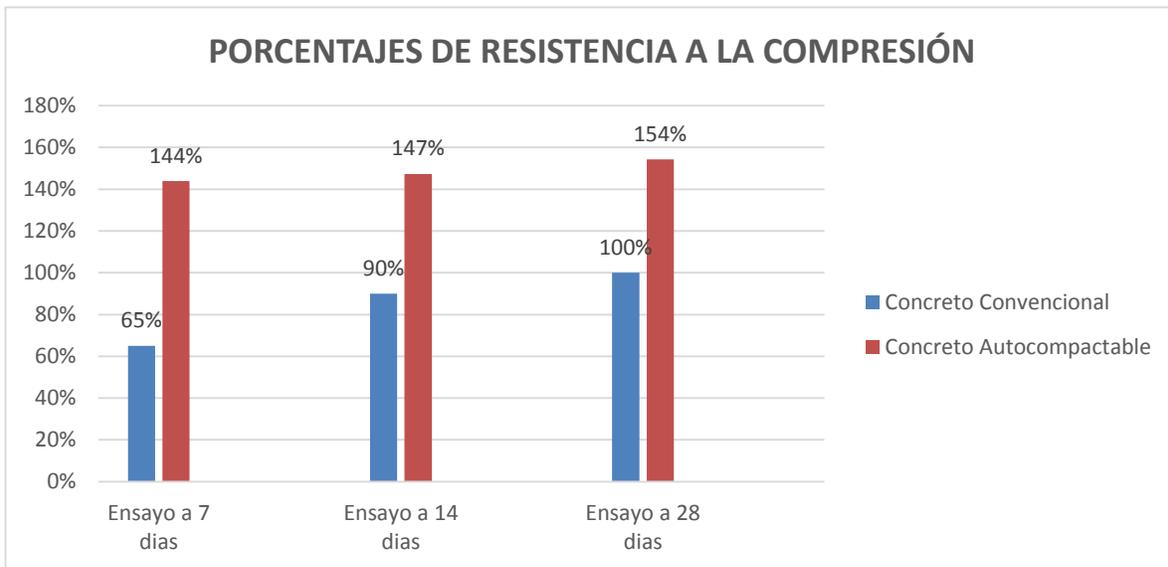


Figura 26: Porcentaje de Resistencia a la Compresión

- **Ensayo de Ultrasonido**

El método del ultrasonido en la ingeniería es utilizado para el ensayo de los materiales, es una técnica de ensayo no destructivo y tiene diversas aplicaciones, en especial para conocer el interior de un material o sus componentes según la trayectoria de la propagación de las ondas sonoras, al procesar las señales de las ondas sonoras se conoce el comportamiento de las mismas durante su propagación en el interior de la pieza y que dependen de las discontinuidades del material examinado, lo que permite evaluar aquella discontinuidad acerca de su forma, tamaño, orientación, debido que la discontinuidad opone resistencia (conocida como impedancia acústica) al paso de una onda. Las ondas pueden ser sónicas comprendidas en el intervalo de frecuencias entre 20 y 500 kHz y las ultrasónicas con frecuencias superiores a 500 kHz.

En el método ultrasónico se utilizan instrumentos que transmiten ondas con ciertos intervalos de frecuencia y se aplican para detectar defectos como poros, fisuras, también para conocer las propiedades básicas de los líquidos y sólidos como la composición, estructura.

Proporción de mezclas La proporción y la densidad de una mezcla líquido-sólido a una determinada temperatura se pueden correlacionar con la velocidad del sonido y/o atenuación.



Figura 27: Se procede con el ensayo de Ultrasonido respectivo para el concreto.



Figura 28: Procedimiento de detección de ondas de sonido para el concreto.



Figura 29: Probeta de CAC con $f'c = 500$ kg/cm² pasando por la prueba de ultrasonido.



Figura 30: Resultado de velocidad (m/s) y tiempo (microsegundos) de probeta de 500 kg/cm² trabajado con ag. Grueso de 3/4".



Figura 31: Resultado de velocidad (m/s) y tiempo (microsegundos) de probeta B-1 de 280 kg/cm². Trabajado con ag. Grueso de ¾".



Figura 32: Resultado de velocidad (m/s) y tiempo (microsegundos) de probeta B-2 de 280 kg/cm² trabajado con ag. Grueso de ¾".

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Edad de Ensayo	Fecha de vaciado	fecha de ensayo	L(m)	Tiempo		V(m/s)	%
						T.directa (µs)	T.Directa(s)		
f'c = 500 kg/cm2	A-1	28	27/06/2016	24/07/2016	0.202	24.1	0.0000241	6224	74.2566337
	A-2	28	27/06/2016	24/07/2016	0.203	24.3	0.0000243	6209	74.3244828
	A-3	28	27/06/2016	24/07/2016	0.206	24.1	0.0000241	6224	72.8147573
f'c = 280 kg/cm2	B-1	28	27/06/2016	24/07/2016	0.207	24.9	0.0000249	6024	72.4626087
	B-2	28	27/06/2016	24/07/2016	0.204	24.9	0.0000249	6024	73.5282353
	B-3	28	27/06/2016	24/07/2016	0.205	25.0	0.0000250	5997	73.1341463

Figura 33: Ensayo realizado con A. Grueso de 3/4"

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Edad de Ensayo	Fecha de vaciado	fecha de ensayo	L(m)	Tiempo		V(m/s)	%
						T.directa (µs)	T.Directa(s)		
f'c = 500 kg/cm2	A-1	28	27/06/2016	24/07/2016	0.202	38.7	0.0000387	5777	110.68
	A-2	28	27/06/2016	24/07/2016	0.203	38.9	0.0000389	5678	108.81
	A-3	28	27/06/2016	24/07/2016	0.206	37.7	0.0000377	5889	107.77
f'c = 280 kg/cm2	B-1	28	27/06/2016	24/07/2016	0.207	35.8	0.0000358	5801	100.33
	B-2	28	27/06/2016	24/07/2016	0.204	35.7	0.0000357	5712	99.96
	B-3	28	27/06/2016	24/07/2016	0.205	34.9	0.0000349	5822	99.12

Figura 34: Ensayo realizado con A. Grueso de 1/2"



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas : Rabanal Gonzales Diana Carolina
 Su Chaqui Alexander Rafael

Tesis : DISEÑO DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTABLE

Lugar : Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Pimentel, 28 de Marzo del 2016
 Fecha de emisión : Pimentel, 23 de Mayo del 2016

RESISTENCIA A LA COMPRESION CON TESTIGOS CILINDRICOS

F'c **500** kg/cm2

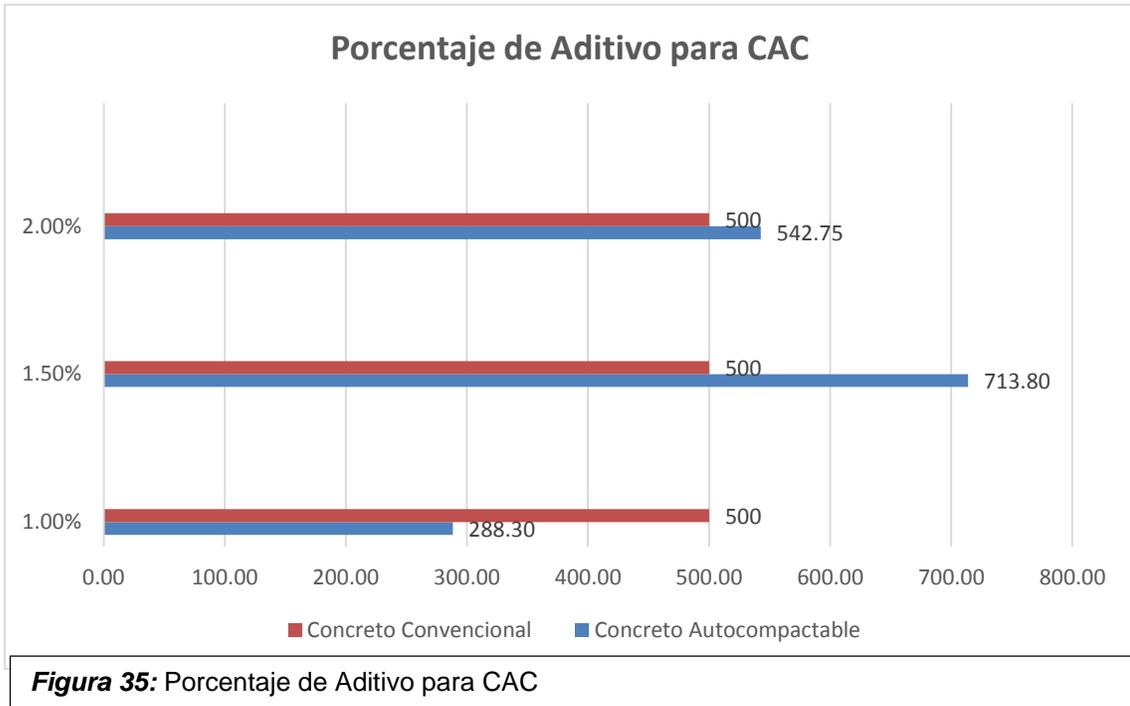
Muestra	Fecha	Diametro	Area	Carga	F' C	F' C(Promedio)
Ensayo a 7 dias	25/04/2016	10.29	83.16	61419	738.58	719.72
	25/04/2016	10.27	82.84	58057	700.87	
Ensayo a 14 dias	02/05/2016	10.26	82.67	60872	736.28	736.65
	02/05/2016	10.19	81.55	60103	737.01	
Ensayo a 28 dias	16/05/2016	10.24	82.35	62995	764.94	771.57
	16/05/2016	10.24	82.35	64087	778.20	

PORCENTAJE DE RESISTENCIA

Muestra	Fecha	F' C (T)	F' C (ENS.)	% F' C (T)	% F' C (E)	VARIACION
Ensayo a 7 dias	25/04/2016	500	719.72	65%	144%	79%
	25/04/2016					
Ensayo a 14 dias	02/05/2016	500	736.65	90%	147%	57%
	02/05/2016					
Ensayo a 28 dias	16/05/2016	500	771.57	100%	154%	54%
	16/05/2016					

PORCENTAJES DE ADITIVO EN EL CONCRETO AUTOCOMPACTABLE

Muestra	Porcentaje	F' C (T)	Diametro	Area	Carga	F' C (ENS.)	F' C (Prom)
Ensayo a 7 dias	1.00%	500	10.30	83.3	26434	317.33	288.30
			10.10	80.1	21533	268.83	
			10.19	81.6	22746	278.75	
Ensayo a 7 dias	1.50%	500	10.27	82.8	58057	701.17	713.80
			10.21	81.9	57495	702.01	
			10.29	83.2	61419	738.21	
Ensayo a 7 dias	2.00%	500	10.29	83.2	46448	558.27	542.75
			10.16	81.1	42682	526.29	
			10.21	81.9	44529	543.70	



• Evaluación Económica del Concreto Autocompactable



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

Tesistas: Rabanal Gonzales Diana carolina
 Su Chaqui Alexander Rafael

Tesis: Diseño de un Concreto Autocompactable

Lugar: Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque

Evaluación Económica para Concreto Autocompactable

Concreto simple $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$						
Rendimiento m ³ /dia	8.00	EQ 5			Costo Unitario	721.40
Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
Operario	hh	2	2.0000	19.30	38.60	
Oficial	hh	2	2.0000	16.01	32.02	
Peon	hh	10	10.0000	14.40	144.00	
						214.62
Materiales						
Piedra Chancada de 1/2"	m ³		0.7726	72.00	55.63	
Arena Gruesa	m ³		0.7429	45.00	33.43	
Cemento Tipo I	bol		15.0000	23.50	352.50	
Agua	m ³		0.2132	5.10	1.09	
						442.65
Equipos						
Herramientas Manuales	%MO		5.0000	214.62	10.731	
Mezcladora de Concreto	hm	1	1.6000	11.13	17.808	
Vibrador de 6 Hp CAB. = 2.40"	hm	1	4.0000	8.90	35.60	
						64.14

DISEÑO DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTABLE

Concreto simple $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$

Rendimiento	m3/dia	7.00	EQ 5		Costo Unitario	1129.15
Descripción de Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
Operario		hh	3	3.4286	19.30	66.17
Oficial		hh	2	2.2857	16.01	36.59
Peon		hh	6	6.8571	14.40	98.74
						201.51
Materiales						
Piedra Chancada de 1/2"		m3		0.7726	72.00	55.63
Arena Gruesa		m3		0.7429	45.00	33.43
Cemento Tipo I		bol		15.0000	23.50	352.50
Agua		m3		0.2132	5.10	1.09
						442.65
Equipos						
MIXER Y BOMBA		M3	1	1.0000	410.00	410
Vibrador de 8 Hp CAB. = 2.40"		hm	2	5.0000	15.00	75.00
						485.00

Concreto Autocompactable $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$

Rendimiento	m3/dia	18.00			Costo Unitario	1344.10
Descripción de Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
Oficial		hh	1	0.4444	16.01	7.12
Peon		hh	1	0.4444	14.40	6.40
						13.52
Materiales						
Piedra Chancada de 1/2"		m3		0.7726	72.00	55.63
Arena Gruesa		m3		0.7429	45.00	33.43
Cemento Tipo I		bolsa		15.0000	23.50	352.50
Agua		m3		0.2132	5.10	1.09
Sika Viscocrete 1110 PE		lt		9.6900	13.99	135.56
Microsilice Sika Fume		kg.		64.6000	5.30	342.38
						920.59
Equipos						
Mixer y Bombeo		m3	1	1	410.00	410
						410

Relación de costos	Precio s/. (m3)	% de precio
Concreto Convencional	1129.15	19%
Concreto Autocompactable	1344.10	

Ventajas económicas del uso de Concreto Autocompactable en el tiempo

Concreto simple $F'c = 500 \text{ kg/cm}^2$

Descripción de Recurso	Cantidad
Reducción de plazos	30%
Estética	95%
Mejoras en condiciones de trabajo	50%
Calidad en producto final	85%
Reducción de impacto ambiental	80%
Durabilidad del concreto	90%

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

1. Prueba de Hipótesis

Si mejoramos las características del concreto convencional con respecto a su consistencia, trabajabilidad y durabilidad, entonces se podrán utilizar en estructuras densamente armadas, disminuyendo o eliminando el proceso de compactación.

		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Edad	Ensayo	Resistencia kg/cm^2	Resistencia kg/cm^2
		Concreto Convencional	Concreto Autocompactable
28	1	503	765
28	2	507	778

Fuente: Elaboración Propia

a) Formulación de Hipótesis

$$H_0: \mu_{CP} - \mu_{CA} = 0$$

La Resistencia a la Compresión para $F'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ del concreto convencional es igual a la Resistencia a la Compresión $F'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Autocompactable.

$$H_A: \mu_{CP} - \mu_{CA} < 0$$

La Resistencia a la Compresión para un $F'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Autocompactable es mayor a la Resistencia a la Compresión para $F'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional.

H_0 : Hipótesis Nula

H_A : Hipótesis Alterna

μ_{CP} : Resistencia a la Compresión $F'c = 500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ del Concreto Convencional

μ_{CA} : Resistencia a la Compresión $F'c = 500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ del Concreto Autocompactable

b) Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

c) Estadístico de Prueba

$$T = \frac{(\bar{X}_{CP} - \bar{X}_{CA})}{\sqrt{\frac{S_{CP}^2}{n_C} + \frac{S_{CA}^2}{n_A}}}$$

Dónde:

\bar{X}_{CP} : Media de la Resistencia a la Compresión del Concreto Convencional.

\bar{X}_{CA} : Media de la Resistencia a la Compresión del Concreto Autocompactable.

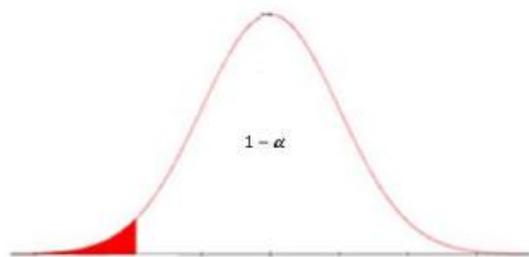
$\mu_{CP} - \mu_{CA}$: Diferencia Hipotética de las medias.

S_{CP}^2 : Varianza del Concreto Convencional.

S_{CA}^2 : Varianza del Concreto Autocompactable.

n_C y n_A : Número de Observaciones del Concreto Convencional y del Concreto Autocompactable.

d) Región Crítica



-6.324

Valor crítico de T: $t_{(1-\alpha, r)}$

$\alpha = 0.05$

$n_C = 2$

$n_A = 2$

$\bar{X}_{CP} := 510$

$\bar{X}_{CA} = 771.5$

$S_{CP}^2 = 8$

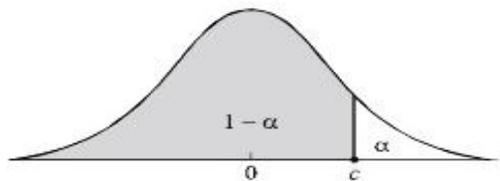
$S_{CA}^2 = 84.5$

	Concreto Convencional	Concreto Autocompactable
Promedio	505	771.5
Varianza	8	84.5

$$r = \frac{\left(\frac{S_{cP}^2}{n_c} + \frac{S_{cA}^2}{n_A}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_{cP}^2}{n_c}\right)^2}{n_c-1} + \frac{\left(\frac{S_{cA}^2}{n_A}\right)^2}{n_A-1}}$$

$$r = \frac{\left(\frac{8}{2} + \frac{84.5}{2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{8}{2}\right)^2}{1} + \frac{\left(\frac{84.5}{2}\right)^2}{1}} = 1.19$$

$$t_{(0.95, 1.19)} = 6.314$$



	1 - alpha							
r	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032

e) Valor del estadístico

$$T = \frac{(\bar{X}_{cP} - \bar{X}_{cA})}{\sqrt{\frac{S_{cP}^2}{n_c} + \frac{S_{cA}^2}{n_A}}}$$

$$t = \frac{(505 - 771.5)}{\sqrt{\frac{8}{2} + \frac{84.5}{2}}} = -39.1869$$

$$t = -39.1869$$

f) Decisión

$t_c = -39.1869 \in a$ la región crítica. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

g) Conclusión

A un 95% de confianza se estima que la Resistencia a la Compresión para un $F'c = 500$ kg/cm² del Concreto Autocompactable es mayor a la Resistencia a la Compresión para $F'c = 500$ kg/cm² del Concreto Convencional.

4.2. Discusión de resultados

1. Se realizaron todos los ensayos establecidos para la preparación en primera instancia de un concreto convencional partiendo desde las NTP y ASTM para estudios de agregados y cemento los cuales dan parámetros para la obtención de sus propiedades, por lo tanto los resultados que se obtuvieron en laboratorio indican que fueron óptimos por el hecho de cumplir con lo que manda las reglas, una vez obtenidos dichos datos, se comenzó con la obtención de los aditivos requeridos para el diseño de Concreto Autocompactable que tal como lo indican antecedentes de tesis de la Universidad Nacional de Ingeniería u otras internacionales como la de la Universidad de Guatemala, un CAC debe obtener una resistencia mínima de 412 kg/cm² por la cual requiere una relación de agua cemento en baja proporción en tanto para esto se requirió la presencia de un aditivo superplastificante para lograr trabajabilidad y fluidez en el concreto, el cual debe cumplir con la norma ASTM C 1621 para CAC y la norma ASTM C 494 y ASTM C 1017 para la especificación de aditivos químicos para concreto, entendida la regla se optó por la utilización de los aditivos superplastificantes Sika Viscocrete 1110 PE que trabaja en conjunto con el aditivo en polvo Microsilice Sika Fume tal como lo especifica la ficha técnica del aditivo superplastificante donde también a través de ella se pudieron obtener las cantidades necesarias para CAC cumpliendo con lo indicado sin disminuir ni exceder lo debido.

2. Para el logro un Concreto Autocompactable se estableció según antecedentes que surgieron por primera vez en la Universidad de Tokyo (Japón), después llegando por primera vez a Europa en la Universidad Técnica de Munich

(Alemania) y también en la Universidad Politécnica de Valencia (España), estudios hecho en la Universidad Nacional de Ingeniería (Perú) y en la Empresa de Aditivos de Construcción Sika Perú indican que la relación de agua cemento debe estar en un rango entre (0.45 y 0.25) de tal forma que exige una resistencia mínima de 412 kg/cm² entonces según estos datos y lo que establece el aditivo Microsilice Sika Fume que requiere una resistencia no menor de 500 kg/cm² , queda decir que se realizó un diseño igual a esta resistencia que detalla una relación agua cemento de 0.33 para CAC el cual se encuentra en el rango permitido para éste, no cayendo en ningún tipo de error para elección de resistencia.

3. Ensayos ya realizados anteriormente en Japón (Universidad de Tokyo), Propietis Measures EFNARC y en Alemania (Universidad de Múnich, (Daf Stb Guideline For Self Compacting Concrete)) y en nuestro país Sika Perú, los cuales atribuyen ensayos que fueron hechos con equipos especialmente creados para probar las características y el comportamiento de este concreto, por tanto, todos tienen parámetros establecidos empezando por los ensayos creados en Japón:

- Caja en L o L - Box (Kuroiwa 1993, Petersson and Billberg 1999, EFNARC 2002, Sika Perú): Equipo para evaluar capacidad de paso y coeficiente de bloqueo de CAC, lograr un cociente de alturas que estén en el rango de (0.8 a 1) las cuales se ubican en la columna (H 1) y en el canal horizontal (H 2) cuya división establecida es H2/H1, la medición de tiempos a 20 y 40 cm. en el horizontal donde tienen que lograr tiempo (2-3 seg.) y (4-6 seg.) respectivamente, en el caso del ensayo hecho se logró un cociente de alturas de 0.90 y tiempos para 20 y 40 cm. de 2 y 5 seg. respectivamente por lo tanto se concluye que el diseño de concreto autocompactable fue óptimo para las exigencias descritas en dicho ensayo.
- Embudo V o V Funnel (Ozawa, Universidad de Tokio 1986; EFNARC 2002, Sika Perú): Equipo para evaluar la capacidad de relleno, Ete ensayo mide la facilidad para fluir del concreto en tiempos entre 6 y 12 seg. siendo un tiempo ideal el de 10 seg., un tiempo de flujo mayor a

12 seg. indican deficiencia en el concreto y susceptibilidad al bloqueo, contando con 12 litros de concreto, entonces en lo que respecta a este ensayo se logró una capacidad de relleno de 10 seg., por lo tanto se corrobora que el diseño de concreto autocompactable fue el mejor e ideal para las exigencias descritas en dicho ensayo.

- Caja en U o U – Box (Kuroiwa 1993, EFNARC 2002, Sika Perú, Technology Research Centre de Taisei Corporation (Japón)): Equipo para evaluar capacidad de paso y coeficiente de bloqueo de CAC, cuya diferencia de alturas emitidas por el CAC dentro de los lados izquierda y derecha de la caja en U debería ser entre (0 – 0.1 cm.) para lograr optimización, pues entonces para el ensayo realizado la diferencia de alturas alcanzadas fue de 0 cm. por lo tanto se concluye con un diseño de concreto autocompactable ideal y óptimo para las exigencias de dicho ensayo.
- Anillo J o J – Ring (EFNARC 2002, ASTM C 1621, Sika Perú): Equipo que sirve para evaluar extensibilidad de flujo con armaduras de boqueo, capacidad de paso y Resistencia a la segregación, se mide usando el cono de Abrams invertido con 6 litros de CAC en su interior el cual es levantado y se deja fluir libremente hasta que se detenga, para extensibilidad de flujo con armaduras de bloqueo se miden los diámetros obtenidos una vez acabado el ensayo dando óptimo entre 650 y 800 mm., para capacidad de paso se dividen las alturas obtenidas en el límite del anillo interno (H1) y en el borde del concreto extendido (H2) el cual en su división se establece un rango entre (1 – 0.9) para optimización de diseño y la resistencia a la segregación se mide cualitativamente al observar que el agregado grueso no se estacione en la parte interna de la circunferencia formada por la extensibilidad ni que el borde de esta sólo tenga mortero, sino que el agregado se distribuya uniformemente por toda su circunferencia, por tanto para el primer requisito que es extensibilidad de flujo se tomaron medidas perpendiculares de diámetro de 72 y 73 cm. , para el segundo

requisito de capacidad de paso se obtuvo un cociente de alturas de 1 y para la resistencia a la segregación se observó que toda la mezcla se distribuyó uniformemente en toda la circunferencia, lo cual expresa resultados óptimos para todas las exigencias de las partes de dicho ensayo.

- Extensibilidad de Flujo o SlumpFlow y SlumpFlow a T50 (Guideline for Self Compacting Concrete, Alemania, Kuroiwa 1993, EFNARC 2002, ASTM C 1611, Sika Perú e InvestigationBriteEuRam): Equipos para determinar la extensibilidad de flujo que genera el CAC, se requiere de un cono de Abrams y una plataforma de material no absorbente el cual la medida para este ensayo se da a través de diámetros perpendiculares en el rango de 650 – 800 mm., extensiones menores o mayores indicarían un concreto seco o muy fluido respectivamente pudiendo provocar segregación en el CAC y para T50 se sugiere por Brite Eu Ram un tiempo de 2-7 segundos es aceptable para aplicaciones de Ingeniería Civil, periodos inferiores indican una excesiva fluidez en la mezcla, por lo tanto para el ensayo de extensibilidad de flujo se tomaron medidas perpendiculares de 71 y 72 cm. y para T50 se tomó un tiempo de 5seg., por el cual entonces se concluye que los resultados fueron los esperados cumpliendo con todas las exigencias de las partes de dicho ensayo.

4. En lo que respecta a el ensayo de resistencia a la compresión con testigos cilíndricos con la Norma de Referencia NTP 339.034.2015, se obtuvieron resultados esperados para un concreto de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$, como fueron a 7 días de 719.72 kg/cm^2 , 14 días 736.65 kg/cm^2 y 28 días de 771.57 kg/cm^2 , superando el 100% de su $f'c$ a los 7 días, lo que en un concreto convencional lo haría en 28 días.

Para avalar estos resultados obtenidos tomamos como referencia las tesis de “Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, Microsilice y Nanosilice con cemento Portland tipo I y “Concreto Autocompactable: Propuesta para el diseño de mezcla. Beneficios técnicos y consideraciones básicas para su

implementación en el Salvador”, quienes afirman los resultados obtenidos en la presente tesis.

5. El Ensayo de Ultrasonido para captar la velocidad del pulso no destructivo en testigos cilíndricos de concreto, con la norma ASTM E 114 -10, se obtuvieron resultados conformes a los esperados, se realizó el diseño con 2 resistencias diferentes y con ag. Grueso diferente para cada resistencia, donde se obtuvo diferentes porcentajes que establecieron la velocidad de pulso que atravesó el testigo para detectar las discontinuidades en un tiempo determinado en donde en promedio resultó que para cualquier resistencia de diseño con ag. Grueso de $\frac{3}{4}$ ”, una velocidad igual a 6117 m/s lo que significa un 73.42% de continuidad de material al interior del testigo cilindro, y para cualquier resistencia de diseño con ag, grueso de $\frac{1}{2}$ ” una velocidad igual a 5779.83 lo que significa un 104.44% de continuidad de material al interior del testigo cilíndrico, observando que el diseño de CAC recomendado supera las expectativas de lo requerido.

6. Con respecto a la Evaluación Económica del Concreto Autocompactable, tenemos lo siguiente:

Ventajas Económicas para la empresa constructora

- Reducción de costos en equipos de compactación (alquiler/compra) y mantenimiento.
- Reducción de costos en mano de obra en actividades de compactación.
- Reducción de costos en alquiler de maquinaria por menos tiempo de uso (grúa, bombas de distribución de concreto, etc.)
- Reducción de costos en licencias por agotamiento físico y secuelas por actividades inherentes a la compactación.
- Reducción de costos en materiales y mano de obra para reparaciones superficiales e internas, desarrollando mayor durabilidad en el producto.
- Gran disminución de costo en ítem de reparación y estética.

Ventajas para la planta premezcladora

- Diferenciación de la competencia
- Generación de negocios adicionales, ya sea por la posibilidad de atención a más clientes y/o acceder a proyectos cuya solución hace necesario el uso de un concreto con las características del CAC.
- Mejorar el cumplimiento de programación de obras y reducir plazos.

Ventajas para plantas de prefabricados

- Mayor capacidad de producción por la mayor velocidad de colocación.
- Reasignación de mano de obra a otras tareas.
- Reducción de costos por eliminación de vibradores y su mantenimiento.
- En plantas nuevas no es necesario invertir en vibradores.

Ventajas para especificadores y evaluadores de proyectos

- Menor tiempo de proyecto se traduce en una recuperación más temprana de la inversión del capital.
- Reducción de costos en proyectos.

Ejm.: materiales de revestimiento y reparaciones.

- Más rápido desarrollo del proyecto
- Posibilidad de desarrollar más proyectos.
- Desarrollo de proyectos complejos y arquitectónicos.

Al hacer el análisis de costos más profundo con todas estas ventajas que presenta el CAC de pasar a ser un producto caro, pero en relación a su coste – beneficio y coste – utilidad, se convertiría en un producto muy rentable para todo aquel que requiera de él, hasta incluso se podría afirmar que será más barato que el concreto convencional, por tanto se verá esta posibilidad como una inversión que traerá en cola grandiosos resultados y grandes ganancias. (RodrigoSciaraffia, 2006)

CAPITULO V:
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se determinaron cada una de las proporciones necesarias para el diseño del concreto autocompactable, haciendo alusión específicamente a los materiales utilizados para la mezcla los cuales fueron cemento, agua, arena amarilla, piedra chancada y aditivos (SikaViscocrete 1110 y MicrosilíceSika Fume).

Se establecieron las debidas relaciones de agua cemento de baja proporción según fue su requerimiento para los diferentes diseños f'c que se realizaron.

Se realizaron los diseños con respecto a las normas establecidas, específicamente a las Normas ASTM ya que en la NTP y en el RNE no especifica ningún parámetro con respecto al CAC.

Se demostró que el concreto autocompactable diseñado fue óptimo y de alta calidad ya que superó todos los ensayos proyectados en su momento cumpliendo con los parámetros establecidos para cada uno de los ensayos y también con las características específicas de un CAC.

Se ensayó la prueba de ultrasonido, determinando que las propiedades interiores del concreto varían según el tipo de agregado, cantidad de material cementante, tiempo de mezclado que se le atribuye.

Se pudo comprobar que el concreto autocompactable varía en un 19% del concreto convencional con lo que respecta a su evaluación económica.

5.2. Recomendaciones

Realizar todos los ensayos necesarios para determinar las proporciones del diseño de un concreto autocompactable, de manera cuidadosa y responsable, para que de esta manera se obtengan resultados confiables y eficaces.

Utilizar agregado grueso de $\frac{1}{2}$ " para este concreto, no superiores.

Utilizar la misma relación agua/cemento que de un concreto convencional.

Seguir con las normas ASTM para el diseño de un concreto autocompactable indicadas, ya que actualmente no se cuenta con normas establecidas para este concreto en la NTP.

Utilizar probetas diseñadas con agregado grueso de $\frac{1}{2}$ ", no agregado superior, para obtener un resultado mucho más óptimo que el normal en el ensayo de ultrasonido.

Según los ensayos realizados para determinar un CAC, con respecto a sus características, se pudo observar que la mejor manera de realizar este concreto es en premezclado, ya que se fragua muy rápido.

REFERENCIAS:

- Alaysa A. (2011) Diseño y control del Concreto Autocompactable en el valle del Mantaro. Perú.
- Arguello L. (2000) Concreto Autocompactado.
- Barrezueta, G. (2010) Estudio de los efectos de la falta de vibración, en la resistencia a compresión y módulo plástico del hormigón, en función de variaciones del revenimiento. Ecuador.
- Bernal J. [Http://Tecnologíasdehistoria.blogspot.pe/2015_02_01_archive.html](http://Tecnologíasdehistoria.blogspot.pe/2015_02_01_archive.html)
- Chután R. (2004) Concreto Autocompactado experimentación en Guatemala. Guatemala.
- Cremades S. (2011) Estudio de la Robustez en el Hormigón Autocompactable con bajo contenido de finos. España
- De la Cruz C., Ramos G. y Hurtado A. (2012) Evaluación de la Retracción y Fluencia en el Hormigón Autocompactado de resistencia media. *Extraído del 25 de mayo de 2012*. Colombia.
- Gonzalez S., Landaverde A. y Romero C. (2005) Concreto Autocompactable: Propuesta para el diseño de mezcla, beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en El Salvador. El Salvador.
- Huincho E. (2011) Concreto de Alta Resistencia usando Aditivos Superplasticantes, Microsílice y Nanosílice con Cemento Portland Tipo I. Perú.
- Jhonson V. (2007) Estudio de la Sensibilidad e Influencia de la composición en las propiedades Reológicas y Mecánicas de los Hormigones Autocompactantes. España.
- Mena J. (2004) Variación en las características de fluidez en mezclas de concreto mediante la modificación de aditivo y agua para obtención de un Concreto Autocompactado. Costa Rica: Icotec.

Molina C. y Saldaña S. (2014) Influencia del Aditivo Hiperplastificante Pastol 200 EXT en la propiedades del Concreto Autocompactante en estado fresco y endurecido. Perú.

Oxford. [Http://www.oxforddictionaries.com/es/definición/espanol/agua](http://www.oxforddictionaries.com/es/definición/espanol/agua).

Parra L. y Roxana (2009) Diseño de mezclas para Hormigón Autocompactable. España.

Sampieri (2014). Metodología de la Investigación Científica.

Sciariaffia R y Vargas R. (2006) Revista de Ingeniería de la Construcción. España.

Sika. (2013) [Http://www.imcyc.com/revistacyt/oct11/artposibilidades.html](http://www.imcyc.com/revistacyt/oct11/artposibilidades.html).

ANEXOS

Anexo N° 1



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

PRACTICA DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

Asignatura			
Docente			
Alumno (a)		Fecha	
Identificación :			
Calicata		Muestra	Profundidad

PESO INICIAL 01

PESO INICIAL 02

MALLAS		Peso Retenido	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
PULGADAS	MILÍMETROS				
3"	75.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.300				
Nº4	4.750				
Nº10	2.000				
Nº20	0.850				
Nº40	0.425				
Nº50	0.300				
Nº100	0.150				
Nº200	0.075				
FONDO					

$$\% \text{ RETENIDO} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso inicial 01}} \times 100$$

$$\% \text{ RETENIDO (Metod. Frac.)} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso Inicial 02}} \times \% \text{ F.A.}$$

Ejemplo Tamiz 1"

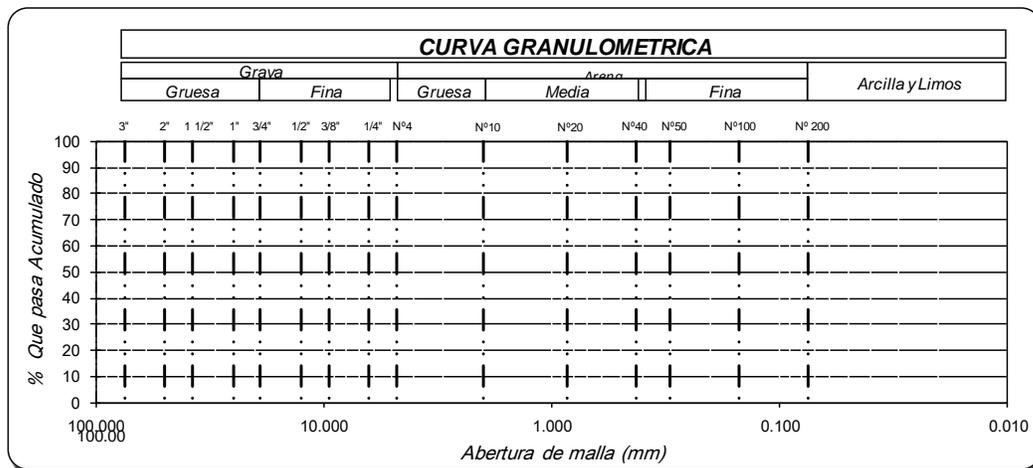
$$\% \text{ RETENIDO ACU. (tamiz 1")} = \text{La suma \% retenidos (tamices } 3" + 2" + 1 \text{ 1/2"} + 1")$$

$$\% \text{ QUE PASA ACUMULADO} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

$$\% \text{ F.A.} = \% \text{ Peso inicial 01} - \% \text{ F.G.}$$

$$\% \text{ F.A.} = \% \text{ Fracción que pasa la malla Nº 4}$$

$$\% \text{ F.G.} = \% \text{ Fracción que retenidos la malla Nº4}$$



CUESTIONARIO

Anexo N°2

- 1.- ¿Qué es lo que entiende por un concreto convencional?

- 2.- ¿Cree usted que puede existir un tipo de concreto que se pueda compactar automáticamente?

- 3.- ¿Se podrá diseñar en nuestra localidad un tipo de concreto autocompactable?

- 4.- ¿Si fuera posible diseñar un concreto autocompactable, con qué tipo de aditivo cree que sería el adecuado para su uso?

- 5.- ¿Qué tan útil sería el concreto autocompactable en el uso para edificaciones?

- 6.- ¿Cree usted que la creación de este nuevo concreto sea rentable para todo tipo de edificaciones?

- 7.- ¿Cuál sería la diferencia entre el concreto convencional y el autocompactable?

Tablas Para el Diseño De Mezclas por ACI

Anexo N°3

Tabla 5

Resistencia a la compresión promedio.

f'c	f'cr
Menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
Sobre 350	f'c + 98

Tabla 6

Consistencia y Asentamientos.

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0 mm) a 2" (50 mm)
Plastica	3" (75 mm) a 4" (100 mm)
Fluida	≥ 5" (125 mm)

Tabla 7

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm.)	Agua en lt/m3 de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados							
	10 mm. (3/8")	12.5 mm. (1/2")	20mm. (3/4")	25mm. (1")	40mm. (1 1/2")	50mm. (2")	70mm. (3")	150mm. (6")
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
30 a 50 (1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100 (3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180 (6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	-----
Cantidad aproximada de aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
30 a 50 (1" a 2")	180	175	165	160	145	140	135	120
80 a 100 (3" a 4")	200	190	180	175	160	155	150	135
150 a 180 (6" a 7")	215	205	190	185	170	165	160	-----

Tabla 8

Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'_{cr}) (kg/cm ²)	RELACION AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38
400	0.43
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Tabla 9

Contenido total de aire para concreto resistente al congelamiento.

CONTENIDO TOTAL DE AIRE PARA CONCRETO RESISTENTE AL CONGELAMIENTO			
Tamaño maximo nominal del agregado (pulg)	Tamaño maximo nominal del agregado (mm)	Contenido de aire (en %)	
		Exposicion Severa	Exposicion moderada
3/8"	9.5	7.5	6
1/2"	12.5	7	5.5
3/4"	19	6	5
1"	25	6	4.5
1 1/2"	37.5	5.5	4.5
2"	50	5	4
3"	75	4.5	3.5
6"	150	4	3

Anexo N° 4



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Pimentel

Tesistas _____

Tesis : _____

Ubicación : Dist. _____ Prov. _____ Reg. _____

Formato interno de ensayo

ENSAYO : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

REFERENCIA : NORMA ASTM C 39
NTP 339.033

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Cura	Fecha de vaciado	fecha de ensayo	Diámetro (D)	Fractura						Carga (P)	f _c (Kg/C)	%
						1	2	3	4	5	6			
f _c														

Anexo N° 5



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Pimentel

Tesistas :

Tesis :

Ubicación : Dist. Pimentel Chiclayo Lambayeque

Formato interno de ensayo

ENSAYO : Metodo de prueba estandar para la velocidad de pulso a traves del concreto

REFERENCIA : ASTM E 114 - 95

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Edad de	Fecha de	fecha de ensayo	L(m)	Tiempo		V(m/s)	%
						T.directa (µs)	T.Directa(s)		

Anexo N° 6

