



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS TÉCNICAS Y ECONÓMICAS
DEL EMPLEO DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES EN LOS
CONCRETOS DE RESISTENCIAS CONVENCIONALES**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

GUTIÉRREZ BARAHONA LUIS EDUARDO

ASESOR:

MS. OMART DEMETRIO TELLO MALPARTIDA

JURADO:

Dr. PUMARICRA PADILLA, RAÚL VALENTÍN

Dr. RAMOS FLORES, MIGUEL ÁNGEL

Ms. TABORY MALPARTIDA, GUSTAVO AUGUSTO

Lima – Perú

2018

AGRADECIMIENTOS

A todos mis maestros, que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona preparada para los retos y ferviente deseo de apoyar a la sociedad.

Ing. José Álvarez Cangahuala.

Ing. Omart Tello Malpartida.

Ing. Julio Carhuamaca Huanri.

Ing. Juan Sánchez Guando.

Lic. Jenny Tineo Paucas.

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y amor a las personas que con su esfuerzo y dedicación me apoyaron cada día, por motivarme constantemente y darme la mano cada vez que lo necesitaba. A ustedes por siempre mi corazón y mi eterno agradecimiento.

Luis Alejandro Gutiérrez Nolasco (†)

Manuela Barahona Soriano

Judith Tipismana Huamán

Lucero Gutierrez Tipismana

José Gutierrez Barahona

Dante Soriano Baraona

Bertha Soriano Matos

RESUMEN

La presente tesis fue realizada con el objetivo de determinar y cuantificar las ventajas técnicas y económicas que se obtienen al emplear aditivos plastificantes de alto rango (también llamados superplastificantes) en los concretos de resistencias convencionales; para tal efecto se realizaron diversos diseños de mezcla con y sin aditivo superplastificante a fin de realizar un análisis comparativo tanto técnico como económico.

Con el afán de reproducir una situación común en la fabricación de concreto en la ciudad de Lima, el desarrollo de las pruebas contempló el uso de insumos locales, relaciones agua cemento de 0.75, 0.65 y 0.55 y slump en el rango de 6'' a 7''.

Los resultados obtenidos nos indican que el empleo de aditivo superplastificante mejora algunas propiedades técnicas del concreto. Así mismo en todos los casos se obtuvieron concretos a menor costo constituyendo ello importantes oportunidades de optimización económica.

Palabras clave : Aditivos, concreto, optimización

ABSTRACT

This thesis was done with the objective of identifying and evaluating the technical and economic advantages to be obtained by employing high performance admixtures (also called superplasticizers) in conventional concrete resistance; to this purpose various mix designs were made with and without superplasticizer admixture in order to make a comparative analysis.

In an effort to reproduce a common situation in the manufacture of concrete in the city of Lima, the development of tests looked at the use of local materials, water/cement relationship of 0.75, 0.65 and 0.55 and slump in the range of 6'' to 7''.

The results indicate that the use of superplasticizer admixture improves some properties of concrete, thereby achieving various technical advantages. Also in all cases they were obtained concrete inexpensive it constitutes significant opportunities for optimization economic.

Keywords : Admixture, concrete, optimization

ÍNDICE

	<u>Página</u>
AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS	viii
INTRODUCCIÓN	ix
CAPITULO I: GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Ámbito	3
1.3 Justificación	3
1.4 Limitaciones	4
1.5 El problema	4
1.6 Objetivos	4
1.7 Hipótesis	5
1.8 Variables	5
1.9 Operacionalización de variables	5
1.10 Matriz de consistencia	6
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 El concreto	7
2.2 Propiedades del concreto	8
2.3 Componentes del concreto	15
2.4 Aditivos superplastificantes	22
2.5 Modos de empleo de los aditivos superplastificantes	23
2.6 Efectos del aditivo superplastificante sobre el concreto	24
2.7 Dosificación de aditivos superplastificantes para concreto	26
CAPITULO III: RECURSOS Y METODOLOGÍA	
3.1 Recursos	27
3.2 Metodología	29
3.3 Normas de referencia	32
3.4 Procedimiento	33

CAPITULO IV: CASO DE APLICACIÓN	
4.1 Etapa 1 - Muestreo de insumos	34
4.2 Etapa 2 - Determinación de propiedades de los insumos	35
4.3 Etapa 3 - Formulación de diseños de mezcla	39
4.4 Etapa 4 - Verificación de diseños de mezcla	43
4.5 Etapa 5 - Ensayos al concreto	48

CAPITULO V: RESULTADOS	
5.1 Resultados obtenidos	53
5.2 Análisis de resultados obtenidos	55

CONCLUSIONES	66
---------------------	----

RECOMENDACIONES	67
------------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	68
-----------------------------------	----

GLOSARIO	71
-----------------	----

ANEXOS

ANEXO N° 01 : ENSAYOS DE CALIDAD DE INSUMOS.

ANEXO N° 02 : HOJAS DE CÁLCULO DE DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO.

ANEXO N° 03 : ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE PROBETAS.

ANEXO N° 04 : EJEMPLOS DE CÁLCULO DE DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Página</u>
Figura 1: Distribución aproximada de la producción de concreto en el Perú – 2009	2
Figura 2: Colocación de concreto en una proyecto de viviendas de Lima.	7
Figura 3: Producción mundial de hormigón (concreto)	8
Figura 4: Efecto de la relación agua/cemento en la contracción por secado del concreto	14
Figura 5: Piedra de la isla de Portland al lado de una probeta de concreto moderna.	16
Figura 6: Agregado fino y grueso típicos empleados en la producción de concreto.	20
Figura 7: Aditivos para concreto.	21
Figura 8: Esquema de los 03 modos de empleo de los aditivos superplastificantes	24
Figura 9: Representación del efecto dispersante del aditivo superplastificante.	25
Figura 10: Flujograma de procedimiento empleado.	33
Figura 11: Muestreo y cuarteo de agregados para determinación de propiedades.	34
Figura 12: Ensayo de peso unitario de la combinación de agregados.	40
Figura 13: Curva de peso unitario de la combinación de agregados obtenida.	41
Figura 14: Control y verificación de la dosificación de insumos.	44
Figura 15: Carguío de los materiales al mezclador y descarga de concreto.	44
Figura 16: Ensayo de temperatura del concreto fresco.	48
Figura 17: Ensayos de slump, peso unitario, contenido de aire y muestreo de probetas.	49
Figura 18: Transporte de probetas a laboratorio tercero.	51
Figura 19: Curado de probetas y verificación de pH del agua de curado.	51
Figura 20: Ensayo a compresión de probetas en laboratorio tercero.	52
Figura 21: Efecto del aditivo superplastificante en el consumo de cemento/m ³	56
Figura 22: Emisiones de CO ₂ generadas por la industria cementera.	57
Figura 23: Desarrollo de resistencia a compresión de los concretos con relación a/c = 0.75	59
Figura 24: Desarrollo de resistencia a compresión de los concretos con relación a/c = 0.65	60
Figura 25: Desarrollo de resistencia a compresión de los concretos con relación a/c = 0.55	61
Figura 26: Costo de 1m ³ de concreto con y sin aditivo superplastificante.	64

LISTA DE TABLAS

	<u>Página</u>
Tabla 1: Operacionalización de variables.	5
Tabla 2: Matriz de consistencia	6
Tabla 3: Proporciones típicas en volumen de 01 m ³ de concreto.	15
Tabla 4: Materiales empleados.	27
Tabla 5: Equipos empleados.	28
Tabla 6: Herramientas empleadas	28
Tabla 7: Medidas de control por variación por insumos.	30
Tabla 8: Medidas de control por variación por condiciones ambientales.	30
Tabla 9: Medidas de control por variación durante la ejecución de los ensayos.	31
Tabla 10: Medidas de control por variación por la forma de ejecución de las pruebas.	31
Tabla 11: Medidas de control por variación en los parámetros de diseño.	31
Tabla 12: Normas de referencia	32
Tabla 13: Propiedades del agua empleada.	36
Tabla 14: Propiedades del cemento empleado.	36
Tabla 15: Propiedades del aditivo superplastificante empleado.	36
Tabla 16: Propiedades del agregado fino de cantera SM Quebrada rio seco.	37
Tabla 17: Propiedades del agregado grueso huso 67 de cantera Jicamarca	38
Tabla 18: Peso unitario de la combinación de agregados.	40
Tabla 19: Cantidad de agua empleada en los concretos	42
Tabla 20: Obtención del concreto con relación a/c 0.75, sin aditivo superplastificante (A-0.75)	45
Tabla 21: Obtención del concreto con relación a/c 0.65, sin aditivo superplastificante (A-0.65)	45
Tabla 22: Obtención del concreto con relación a/c 0.55 sin aditivo superplastificante (A-0.55)	46
Tabla 23: Obtención del concreto con relación a/c 0.75, con aditivo superplastificante (B-0.75)	46
Tabla 24: Obtención del concreto con relación a/c 0.65, con aditivo superplastificante (B-0.65)	47
Tabla 25: Obtención del concreto con relación a/c 0.55, con aditivo superplastificante (B-0.55)	47
Tabla 26: Identificación de probetas.	50
Tabla 27: Diseños de mezcla obtenidos en condición seca x 01 m ³	53
Tabla 28: Propiedades de los concretos obtenidos.	54
Tabla 29: Precio unitario de los materiales empleados.	54
Tabla 30: Análisis de costo unitario de los concretos obtenidos x 01 m ³ (S/ - sin IGv)	55
Tabla 31: Contenido de cemento en los concretos obtenidos.	56
Tabla 32: Desarrollo de resistencia a compresión de los concretos obtenidos.	62
Tabla 33: Análisis de costo de los concretos con relación a/c = 0.75 (S/ - sin IGv)	63
Tabla 34: Análisis de costo de los concretos con relación a/c = 0.65 (S/ - sin IGv)	63
Tabla 35: Análisis de costo de los concretos con relación a/c = 0.55 (S/ - sin IGv)	63
Tabla 36: Costo de 01 m ³ de concreto (S/ - sin IGv)	64
Tabla 37: Costo de 01 kg/cm ² (S/ - sin IGv)	65

INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene por objetivo evaluar de manera cuantitativa las ventajas técnicas y económicas que se obtienen al emplear aditivos superplastificantes en los concretos de resistencias convencionales.

El método empleado fue experimental, para lo cual se establecieron materiales, procedimientos, características de la muestra y medidas de control de los concretos con y sin aditivo superplastificante fin de realizar un análisis comparativo.

Para determinar las ventajas técnicas se realizaron ensayos de calidad a los concretos elaborados como son: slump, temperatura, contenido de aire atrapado, peso unitario, desarrollo de resistencia a compresión. De manera similar para determinar las ventajas económicas se realizó un análisis de costo de unitario de cada uno de los concretos.

Los resultados obtenidos señalan que el empleo de aditivo superplastificante modifica algunas de las propiedades del concreto, resultando ello ventajoso para el constructor. Así mismo los resultados obtenidos nos indican que el empleo de aditivo superplastificante permite reducir el costo de la unidad cúbica de concreto constituyendo ello importantes oportunidades de optimización en la elaboración y fabricación de este material.

Luis E. Gutierrez Barahona
DNI: 43580302

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes:

Pasquel (1998) en su libro titulado: *“Tópicos de tecnología del concreto”*, sostiene que: “En nuestro país no es frecuente el empleo de aditivos, por la creencia generalizada de que su alto costo no justifica su utilización en el concreto de manera rutinaria; pero si se hace un estudio detallado del incremento en el costo del m³ de concreto (incremento que normalmente oscila entre el 0.5 al 5% dependiendo del producto en particular)...” (p. 113). [1]

Tineo (2005) en su tesis titulada: *“Estudio de las propiedades reológicas de diferentes tipos de cementos con distintos superplastificantes”*, señala que: “No hay relación entre alta compatibilidad y un determinado tipo de cemento, aunque los cementos tipo V tienden a comportarse mejor reológicamente”. (p. 108). [2]

Gomero (2006) sustentó la tesis titulada: *“Aditivos y adiciones minerales para el concreto”*; en la que concluye que los aditivos reductores de agua controladores de fragua, los floculantes y los superplastificantes, tienen la misma función: reducir agua, modificar el tiempo de fraguado y mejorar la trabajabilidad del concreto. (p. 233). [3]

Sánchez (2007) en su tesis titulada *“Aditivo superplastificante y su influencia en la consistencia y desarrollo de resistencias de concreto para F’C = 175, 210 y 245 kg/cm²”*, indica en una de sus conclusiones, que la incorporación del aditivo superplastificante ocasiona un incremento de la resistencia para dosis menores o iguales a 1100 mL. Sin embargo, para dosis superiores a 1100 mL la resistencia a la compresión del concreto experimenta un

decrecimiento. No obstante la resistencia del concreto con aditivo se encuentra generalmente por encima de la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo (p. 108). [4]

Pasquel (2010) en la “IX Convención Internacional del ACI PERU”, presentó la ponencia titulada “Mitos y realidades del concreto informal en el Perú”, donde señala que el concreto informal en el Perú, lidera la construcción con porcentajes del orden de 77% del volumen total del concreto. Adicionalmente indica que el concreto informal constituye el primer peligro potencial de fallas en las estructuras ante un evento sísmico (p.69). [5]



Figura 1 : Distribución aproximada de la producción de concreto en el Perú - 2009

Fuente : Enrique Pasquel

Garay y Quispe (2016), sustentaron la tesis titulada: “Estudio del concreto elaborado en los vaciados de techos de vivienda en Lima y evaluación de alternativa de mejora mediante el empleo de aditivo superplastificante”, donde señalan entre sus conclusiones que la propuesta del uso de aditivo superplastificantes es considerada interesante para los maestros de obra, quienes en su mayoría se muestran conformes a utilizarlo; así mismo indican que las obras de autoconstrucción utilizan en promedio 08 bolsas de cemento/m³ de concreto para vaciados de losas (techo); es decir emplean 340 kg de cemento para obtener resistencias de 138 kg/cm². Esta cantidad de cemento es alta, sobre todo cuando el avance tecnológico de los aditivos permite reducir el consumo de cemento. (p. 87-88). [6]

Fernández (2017) en su tesis titulada: “*Evaluación del diseño del concreto elaborado con cemento portland tipo I adicionando el aditivo Sikament-290N, en la ciudad de Lima*”, indica en una de sus conclusiones, que manteniendo constante la cantidad de agua, se logra un incremento de resistencia de 15.94% a los 28 días, con el aditivo en su máxima dosificación... (p. 100). [7]

1.2 Ámbito:

La presente investigación considera el empleo de cemento portland tipo I (UNACEM), aditivo superplastificante tipo F (Rheobuild 1000), agregado fino de cantera SM Quebrada rio seco y agregado grueso huso 67 de cantera Jicamarca, empleo de agua potable proveniente de la red pública de Villa María del Triunfo.

Los concretos analizados presentan relaciones agua cemento de 0.75, 0.65 y 0.55, ya que es dentro de este rango que se encuentran las $f'c$ de los concretos de uso convencional en Lima.

La ubicación geográfica donde se desarrollaron las pruebas corresponde al distrito de Villa María del Triunfo (158 m.s.n.m) – Lima – Perú.

La presente investigación va destinada al sector de construcción informal (donde no se emplean aditivos en el concreto), pues mediante el empleo de este insumo se podrían obtener ventajas técnicas y económicas en las construcciones de concreto de Lima.

1.3 Justificación:

La presente tesis fue realizada porque a nivel local no existe suficiente investigación que cuantifique las ventajas de emplear aditivos superplastificantes en los concretos de resistencias convencionales.

Es útil porque le permitirá al ingeniero civil conocer los efectos de la adición de aditivo superplastificante en el consumo de cemento/m³, el desarrollo de resistencia y el costo/m³ en el concreto que comúnmente se fabrica en Lima.

1.4 Limitaciones:

Las limitaciones para el desarrollo de la presente tesis fueron de tipo económica, pues no se contaba con dinero para comprar ó alquilar los equipos para ensayos de fraguado, flexión y contracción que hubieran permitido un análisis más profundo. Así mismo la disponibilidad de estos equipos a nivel local es muy limitada, pues solo son empleados por laboratorios especializados u empresas de premezclado.

Adicionalmente existió la limitación de contar con una prensa en el lugar donde se desarrollaron las mezclas, para poder realizar ensayos a compresión a 01 día y tener una curva de desarrollo de resistencia más detallada.

1.5 El problema:

¿Mediante la adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, se pueden obtener ventajas técnicas y económicas en los concretos de resistencias convencionales?

1.6 Objetivos:

1.6.1 Objetivo general:

Determinar si la adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, permite obtener ventajas técnicas y económicas en los concretos de resistencias convencionales, mediante ensayos de laboratorio, para que así el diseñador de concreto pueda decidir su empleo.

1.6.2 Objetivo específicos:

- Determinar el efecto que produce la adición del aditivo superplastificante (Rheobuild 1000), en el contenido de cemento de los concretos de resistencias convencionales.
- Determinar el efecto que produce la adición del aditivo superplastificante (Rheobuild 1000), en el desarrollo de resistencia a compresión de los concretos de resistencias convencionales.
- Determinar el efecto que produce la adición del aditivo superplastificante (Rheobuild 1000), en el costo/m³ de los concretos de resistencias convencionales.

1.7 Hipótesis:

La adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, permite obtener ventajas técnicas y económicas en los concretos de resistencias convencionales.

1.8 Variables:

- Variable independiente : Aditivo superplastificante.
- Variable dependiente : Ventajas técnicas y económicas.
- Variable de control : Concreto de resistencias convencionales.

1.9 Operacionalización de variables:

Tabla 1 : Operacionalización de variables. Fuente : El autor			
HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
La adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, permite obtener ventajas técnicas y económicas en los concretos de resistencias convencionales.	VARIABLE INDEPENDIENTE (Aditivo Superplastificante)	Aptitud para su uso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cumplimiento de la norma ASTM C494 ▪ Capacidad de reducción de agua (%)
		Economía	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costo accesible para el constructor
		Disponibilidad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es fácil obtenerlo para el constructor
		Cantidad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dosificación según hoja técnica del fabricante.
	VARIABLE DEPENDIENTE (Ventajas técnicas y económicas)	Ventajas técnicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducción del contenido de cemento. ▪ Mayor desarrollo de resistencia a la compresión a 03, 07 y 28 días.
		Ventajas económicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducción del costo/m³ del concreto.

1.10 Matriz de consistencia:

Tabla 2 : <i>Matriz de consistencia.</i>				
Fuente : El autor				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	HIPÓTESIS GENERAL:	VARIABLE INDEPENDIENTE: Aditivo Superplastificante	MÉTODO: ▪ Investigación experimental prospectiva
▪ ¿Mediante la adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, se pueden obtener ventajas técnicas y económicas en los concretos de resistencias convencionales?	▪ Determinar si la adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, permite obtener ventajas técnicas y económicas en los concretos de resistencias convencionales, mediante ensayos de laboratorio, para que así el diseñador de concreto pueda decidir su empleo.	▪ La adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, permite obtener ventajas técnicas y económicas en los concretos de resistencias convencionales.		POBLACIÓN: ▪ Concretos elaborados bajo condiciones de laboratorio en Lima, empleando insumos locales, con relaciones agua/cemento entre 0.75 y 0.55, slump 6" a 7", con y sin aditivo superplastificante Rheobuild 1000.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE: Ventajas técnicas y económicas	MUESTRA: ▪ Porción de concreto de 65 L.
• ¿Qué efecto produce la adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, en el contenido de cemento en los concretos de resistencias convencionales?	• Determinar el efecto que produce la adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000 en el contenido de cemento en los concretos de resistencias convencionales.	▪ La adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, permite reducir el contenido de cemento en los concretos de resistencias convencionales.		TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: ▪ Indagación bibliográfica. ▪ Ensayos de laboratorio normalizados.
• ¿Qué efecto produce la adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, en el desarrollo de resistencia a compresión de los concretos de resistencias convencionales?	• Determinar el efecto que produce la adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000 en el desarrollo de resistencia a compresión de los concretos de resistencias convencionales.	▪ La adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, permite obtener mayores desarrollos de resistencia a compresión de los concretos de resistencias convencionales.		INSTRUMENTOS: ▪ Equipos de laboratorio. ▪ Hoja de cálculo de diseño de concreto. ▪ Formato para registro de resultados de ensayos.
• ¿Qué efecto produce la adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, en el costo/m ³ de los concretos de resistencias convencionales?	• Determinar el efecto que produce la adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000 en el costo/m ³ de los concretos de resistencias convencionales.	▪ La adición del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, permite reducir el costo/m ³ de los concretos de resistencias convencionales.		

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 El concreto

Según el código ACI 116R-00 “*Terminología del cemento y concreto*”; el concreto es un material compuesto, que consiste de un medio ligante denominado pasta dentro del cual hay partículas o fragmentos de agregado y opcionalmente aditivos.

La Portland Cement Association (2004), en su publicación: “*Diseño y control de mezclas de concreto*”, señala que: “la calidad del concreto, depende de la calidad de la pasta, del agregado y de la unión entre los dos. En un concreto adecuadamente diseñado, cada y toda partícula de agregado es completamente cubierta por la pasta y todos los espacios entre las partículas de agregados se llenan totalmente con pasta”. (p. 2). [8]

Para asegurar la calidad de la pasta, se debe seleccionar un cemento adecuado, así como el empleo de una relación agua cementante conveniente y el uso eventual de aditivos, adiciones y fibras (Rivva, 2008, p. 8). [9]



Figura 2 : Colocación de concreto en una proyecto de viviendas de Lima.
Fuente : El autor

El concreto es un excelente material de construcción porque se lo puede moldear en una gran variedad de forma para ser utilizado en múltiples aplicaciones de ingeniería civil.

Según Wikipedia, en el año 2007 la producción mundial de cemento fue de más de 2 500 millones de toneladas. Estimando una dosificación entre 250 a 300 kg de cemento/ m³ de concreto significa que se podrían producir de 8 000 a 10 000 millones de m³ de concreto; ello equivale a 1.5 m³ de concreto por persona. Ningún material de construcción ha sido usado en tales cantidades y en un futuro no parece existir otro material de construcción que pueda competir con el concreto en magnitud de volumen. [10]

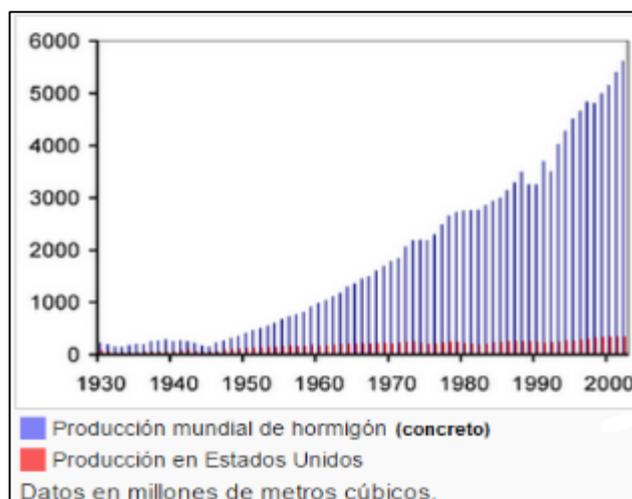


Figura 3 : Producción mundial de hormigón (concreto)
Fuente : Wikipedia

2.2 Propiedades del concreto:

En términos generales un concreto de buena calidad es aquel que satisface los requisitos de: trabajabilidad, compactación, colocación, resistencia, durabilidad y economía, que exige cada caso en particular. (Pasquel, 1998, p. 12). [11]

Las principales propiedades del concreto, son aquellas que afectan o se ven involucradas directamente en el proceso constructivo, por ende se presentan tanto en estado fresco como endurecido, así podemos mencionar:

2.2.1 Trabajabilidad:

El código ACI 309R-05 "*Guide for Consolidation of Concrete*", señala que la trabajabilidad es aquella propiedad del concreto o mortero fresco que determina la facilidad y homogeneidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado.

Los factores más importantes que afectan la trabajabilidad de un concreto son: la granulometría, forma y textura de las partículas de los agregados, la cantidad, la calidad del cemento y de las adiciones minerales que se incorporen, la cantidad relativa de pasta y agregados que componen la mezcla, la presencia de aditivos químicos...(Giovambattista, 2011, p. 344). [12]

La evaluación de la trabajabilidad es relativa porque depende de los equipos disponibles durante la construcción, ya que un concreto puede ser trabajable para ciertas condiciones de colocación y compactación pero no necesariamente resulta será así, si dichas condiciones cambian.

Rivva (2007), señala que: "La trabajabilidad es una propiedad que no es mensurable dado que está referida a las características y perfil del encofrado; a la cantidad y distribución de acero de refuerzo y elementos embebidos; y al procedimiento empleado para compactar el concreto". (p. 38). [13]

2.2.2 Consistencia:

Según la American Society of Concrete Contractors (2009), en su publicación: “*Guía del contratista para la construcción en concreto de calidad*”, señala que: “El ensayo de asentamiento se utiliza para medir la consistencia del concreto. El asentamiento da una indicación de la manejabilidad, plasticidad y capacidad de flujo el concreto. Se utiliza especialmente como indicador de la uniformidad del concreto fresco entre tandas, tal como se reciben en la obra” (p.14). [14]

Rivva (2008) indica que el ensayo de asentamiento efectuado según la norma ASTM C143, es empleado para determinar la consistencia de las mezclas empleada en construcciones normales. Los concretos que contienen determinados aditivos pueden ser colocados en los encofrados empleando menor compactación mecánica. (p. 128) [15]

Las normas ASTM C143 y NTP 339.035, detallan el procedimiento, materiales y equipos requeridos para la ejecución correcta de este ensayo.

2.2.3 Peso unitario y rendimiento:

El concreto convencional, normalmente usado en pavimentos, edificios y otras estructuras, tiene un peso unitario (densidad) que varía de 2200 a 2400 kg/m³.

El peso unitario del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado y las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta el peso unitario. En el diseño de concreto armado el peso unitario del concreto con la armadura normalmente se considera 2400 kg/m³. (PCA, 2004, p. 9). [16]

También es importante determinar el rendimiento de la mezcla de concreto. The Aberdeen Group en su publicación titulada: “*Fundamentos del hormigón*”, señala que el rendimiento es el volumen de concreto que se obtendrá al combinar una cada uno de los materiales de la mezcla. Para diseñar un metro cúbico de concreto es necesario conocer cuál es el volumen ocupado por cada componente. El total de los volúmenes de agua, cemento, arena, piedra y aditivos debe ser un metro cúbico. (p. 16). [17]

Las normas ASTM C138 y NTP 339.046, detallan el procedimiento, materiales y equipos requeridos para la ejecución correcta de este ensayo.

2.2.4 Exudación:

Pasquel (1998) señala que la exudación es una propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa de concreto y asciende hacia la superficie. Es un caso típico de sedimentación en la cual los sólidos se asientan dentro de la masa plástica... Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda y mayor es el porcentaje de material que pasa el tamiz N° 100, la exudación será menor pues se retiene el agua de mezcla. (p. 139). [18]

La exudación es normal y no debería disminuir la calidad del concreto adecuadamente colocado, acabado y curado. Un poco de exudación es útil en el control de la fisuración por contracción plástica. Por otro lado, si es excesiva aumenta la relación agua/cemento cerca de la superficie; con lo que puede ocurrir una capa superficial débil y con poca durabilidad. (PCA, 2004, p. 4) [19]

Las normas ASTM C232 y NTP 339.077, detallan el procedimiento, materiales y equipos requeridos para la ejecución correcta de este ensayo.

2.2.5 Resistencia:

Neville y Brooks (1998) en su publicación titulada: “*Tecnología del concreto*”, señalan que: “La resistencia del concreto es comúnmente considerada como la característica más valiosa, aunque en muchos casos son otras, como la durabilidad, impermeabilidad y estabilidad de volumen, las que pueden ser importantes. Sin embargo, la resistencia suele dar un panorama general de la calidad del concreto, por estar directamente relacionada con la estructura de la pasta de cemento” (p. 77). [20]

Según la Asociación Colombiana de productores de concreto (ASOCRETO), en su publicación titulada: “*Tecnología del concreto*”, sostiene que la resistencia es una habilidad para resistir esfuerzos de cuatro tipos: Compresión, tracción, flexión y corte. El concreto presenta una alta resistencia a los esfuerzos de compresión y muy poca a los de tracción, razón por la cual, la resistencia a la compresión simple es la propiedad a la que se le da mayor importancia. (p. 119). [21]

La resistencia del concreto está estrechamente relacionada con la relación agua/cemento (a/c), de tal manera, que entre mayor sea el contenido de agua de mezclado, mayor será la cantidad que no se combina con el cemento, y por consiguiente, al disiparse la parte de agua evaporable la pasta será más porosa y la resistencia del concreto disminuirá. Esta propiedad fue demostrada por Duff Abrams en el año 1918, señalando que para un concreto perfectamente compactado, empleando materiales con las mismas

características y condiciones de ensayo, la resistencia, a una edad dada, es inversamente proporcional a la relación a/c. (ASOCRETO, 2010, p. 120). [22]

Las normas ASTM C39 y NTP 339.034, detallan el procedimiento, materiales y equipos requeridos para la ejecución de este ensayo.

2.2.6 Elasticidad:

Pasquel (1998) sostiene que la elasticidad es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga sin tener deformación permanente, así mismo indica que el concreto no es un material elástico perfecto, ya que no tiene comportamiento lineal en ningún tramo de su curva esfuerzo-deformación. El módulo de elasticidad de un concreto normal oscila entre 250 000 a 350 000 kg/cm² y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto. (p. 140). [23]

La norma ASTM C469, detalla el procedimiento, materiales y equipos requeridos para la correcta ejecución de este ensayo.

2.2.7 Contracción:

La contracción o retracción es el acortamiento dimensional que experimenta el concreto durante el proceso de secado.

Según Rivva (2008) la magnitud de la contracción depende de varios factores, como las cantidades de agregado empleadas, las propiedades del agregado, tamaño y forma del elemento, temperatura y humedad relativa del ambiente, tipo de curado, grado de

hidratación y tiempo, pero el factor que más influye es la cantidad total de agua en la mezcla original. (p. 10). [24]

El Instituto Mexicano del cemento y del concreto (IMCYC) en su artículo: “*Problemas, causas y soluciones – Contracción por secado del concreto*”, sostiene que la contracción por secado del concreto se incrementa al aumentar el contenido de agua. A edades mayores a 28 días los concretos con relaciones agua/cemento altas, conducen a un incremento significativo en la contracción por secado. (p. 33). [25]

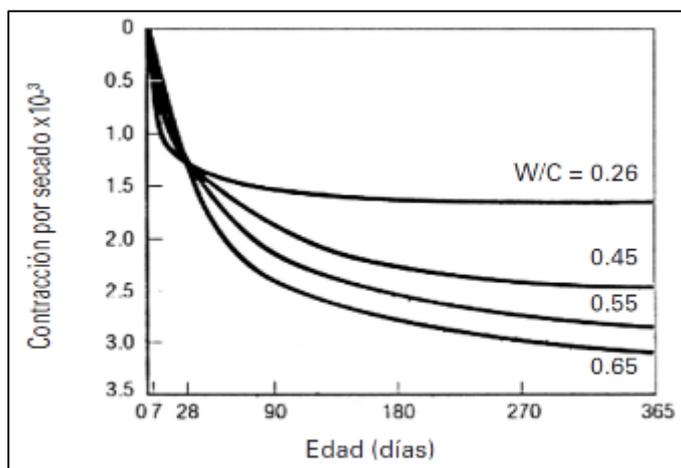


Figura 4 : Efecto de la relación agua/cemento en la contracción por secado del concreto.
Fuente : IMCYC - Instituto Mexicano del cemento y concreto

Las normas ASTM C157 y ASTM C490, detallan el procedimiento, materiales y equipos requeridos para la ejecución correcta de este ensayo.

2.2.8 Durabilidad:

El código ACI 201.2R-08 “*Guide to Durable Concrete*”, define la durabilidad del concreto como la habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, abrasión y cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras.

Los diferentes tipos de concretos necesitan de diferentes durabilidades, dependiendo de la exposición del ambiente y de las propiedades deseables. Los componentes del concreto, la proporción de estos, la interacción entre los mismos y los métodos de colocación y curado determinan la durabilidad final y la vida útil del concreto. (PCA, 2004, p. 13). [26]

No existe un concreto durable por sí mismo, ya que las características físicas, químicas y resistentes que pudieran ser adecuadas para ciertas circunstancias, no necesariamente lo serán bajo condiciones diferentes.

2.3 Componentes del concreto:

En los concretos convencionales generalmente el cemento ocupa entre el 7 y 15% del volumen, el agua entre el 15 y 22%, los agregados entre el 60 y 75%, el aire atrapado de 1 a 3% y los aditivos entre 0.1 y 0.3%. (Pasquel, 1998, p. 14). [27]

Tabla 3 : <i>Proporciones típicas en volumen de 01 m³ de concreto.</i> Fuente : Enrique Pasquel	
Componente	Volumen (%)
Cemento	7 a 15%
Agua	15 a 22%
Agregados	60 a 75%
Aire	1 a 3%
Aditivos	0.1 a 0.3%

2.3.1 El cemento:

La NTP 334.009: 2011 “Cementos Portland Requisitos”, señala que el cemento Portland es aquel que es producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicato de calcio hidráulico y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda. (p. 5). [28]

Torre (2004), señala que: “El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad”. (p. 5). [29]

El cemento fue patentado por Joseph Aspdin (1824) un constructor inglés quien señalaba que la apariencia de este producto endurecido era similar a la piedra de la isla Portland (Inglaterra). Sin embargo fueron Louis Joseph Vicat y Henry Louis Le Châtelier quienes realizaron años atrás diversas investigaciones que permitieron analizar y conocer más de las propiedades de este material.



Figura 5 : Piedra de la isla de Portland al lado de una probeta de concreto moderna.
Fuente : PCA – Portland Cement Association.

Existen 03 normas ASTM que establecen los requisitos que deben cumplir los cementos en la actualidad:

- Norma ASTM C150.- Especificaciones Normalizadas para Cementos Portland.
- Norma ASTM C595.- Especificaciones Normalizadas para Cementos Adicionados.
- Norma ASTM C1157.- Especificación Normalizada de desempeño para Cementos.

La norma ASTM C150 “Especificaciones Normalizadas para Cementos Portland”, señala que existen ocho tipos básicos de cemento:

- Tipo I.- Para usar cuando no se requieran propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.
- Tipo IA.- Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el tipo I, donde se desea incorporación de aire.
- Tipo II.- Para uso general más específicamente cuando se desea resistencia moderada a los sulfatos o calor de hidratación moderado.
- Tipo IIA.- Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el tipo II, donde se desea incorporación de aire.
- Tipo III.- Para usar cuando se desea alta resistencia inicial o temprana.
- Tipo IIIA.- Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el tipo III, donde se desea incorporación de aire.

- Tipo IV: Para usar cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

2.3.2 El agua:

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y desarrollo de sus propiedades. Según Pasquel (1998), el agua de mezcla tiene 03 funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para dar manejabilidad a la mezcla de concreto.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

La cantidad de agua que interviene en la mezcla es principalmente por razones de trabajabilidad, más que la necesaria para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas que puede contener y que pueden ocasionar reacciones químicas que alteren el comportamiento normal de la pasta de cemento (p. 59). [30]

Las normas ASTM C1602 y NTP 339.088, establecen una serie de requisitos básicos que debe cumplir la fuente de agua para su empleo en la fabricación de concreto.

2.3.3 Los agregados:

La NTP 400.011: 2008 *“Definición y Clasificación de agregados para uso en morteros y concretos”*, señala que los agregados son un conjunto de partículas de origen

natural o artificial, que pueden ser tratados ó elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre límites fijados. (p. 2). [31]

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en las pasta y que ocupan aproximadamente las $\frac{3}{4}$ partes del volumen de la unidad cúbica del concreto.

Torre (2004), señala que los agregados según su naturaleza se pueden clasificar en agregado fino, agregado grueso y agregado global (hormigón). El agregado fino es aquel cuyas partículas pasan el tamiz 3/8 pulg y el agregado grueso cuyas partículas son retenidas por el tamiz N° 4. El agregado global está conformado por una mezcla de arena y grava en proporciones arbitrarias que se encuentran en forma natural en la corteza terrestre. (p. 44). [32]

Los agregados eran considerados como elementos inertes del concreto, sin embargo si bien no intervienen directamente en las reacciones químicas entre el cemento y el agua, las características de los agregados afectan notablemente algunas propiedades del concreto como la resistencia, peso unitario, asilamiento y durabilidad del concreto. Los agregados por ende constituyen más que un relleno de bajo costo.

La aceptación de un agregado para ser empleado en la preparación del concreto para una obra, deberá basarse en la información obtenida a partir de los ensayos de laboratorio, de su registro de obras similares o de ambas fuentes de información.

Las normas ASTM C33 y NTP 400.037 señalan los requisitos que deben cumplir ambos agregados para su empleo en concreto.



Figura 6 : Agregado fino y grueso típicos empleados en la producción de concreto.
Fuente : El autor

2.3.4 Los aditivos:

El código ACI 116R-00 “*Terminología del cemento y concreto*” define al aditivo como un material diferente al agua, agregados, cemento hidráulico y refuerzo de fibras usado como ingrediente del concreto o mortero, y que se agrega a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado.

Rivva (2008), señala que los aditivos se añaden con la intención de:

- Modificar una o algunas de las propiedades del concreto.
- Facilitar el proceso de colocación del concreto.
- Obtener economía en los costos de producción del concreto.
- Ahorrar energía.

En muchos casos, tales como la alta resistencia inicial; resistencia a los procesos de congelación, retardo y aceleración de fragua, el empleo de un aditivo puede ser el único medio para alcanzar el objetivo deseado. (p. 134) [33]



Figura 7 : Aditivos para concreto.
Fuente : PCA – Portland Cement Association.

Es importante entender que hay un tipo de aditivo para una situación en particular, no debiendo generalizarse el término “aditivo” a un único tipo en especial.

La norma ASTM C494 “*Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*” clasifica a los aditivos en 08 tipos:

- Tipo A : Reductores de agua (plastificantes).
- Tipo B : Retardantes.
- Tipo C : Acelerantes.
- Tipo D : Reductores de agua y retardantes.
- Tipo E : Reductores de agua y acelerantes.
- Tipo F : Reductores de agua de alto rango (superplastificantes).
- Tipo G : Reductores de agua de alto rango y retardantes.
- Tipo S : Especificación por performance.

Los aditivos deben cumplir con los requisitos de las normas respectivas y las especificaciones de obra, debiendo prestarse especial atención a las recomendaciones del fabricante.

Las normas ASTM C494 y NTP 334.088 señalan los requisitos que deben cumplir los aditivos químicos para su empleo en concreto.

2.4 Aditivos superplastificantes:

Torre (2004), señala que los aditivos reductores de agua (también denominados plastificantes) son empleados con la finalidad de reducir la cantidad de agua en la mezcla para producir un concreto con cierto asentamiento, también permiten reducir la relación agua/cemento o aumentar el asentamiento. Los reductores de agua típicos reducen el contenido de agua de 5 a 10%, los reductores de agua de alto rango (superplastificantes) reducen el contenido de agua de 12 a 30%. (p. 63). [34]

Los aditivos superplastificantes son reductores de agua especiales, en que el efecto aniónico se ha multiplicado notablemente. A nivel mundial han significado un avance notable en la tecnología del concreto, pues han permitido el desarrollo de concretos de muy alta resistencia. (Pasquel, 1998, p. 120) [35]

Los aditivos superplastificantes pueden ser empleados para incrementar el slump significativamente, sin necesidad de aumentar el agua de la mezcla original. Estos aditivos fueron empleados en Japón en la década del 60, para producir concretos de alta resistencia reduciendo el contenido de agua y posteriormente en Alemania para producir concretos fluidos, ya sea como formaldehído naftaleno sulfonato o formaldehído melanina sulfonato,

lignosulfonatos modificados, esteres ácido sulfónico, etc. En la actualidad como policarboxilatos modificados se han estado empleando para mejorar las propiedades del concreto al ser adsorbidos por las partículas de cemento logrando que estas últimas se carguen negativamente y formen partículas que se repelen mutuamente, generando dispersión entre partículas, la cual se refleja en la fluidez del concreto. (Rivva, 2008, p. 172). [36]

La norma ASTM C494 (2010) “*Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*” señala que un aditivo plastificante de alto rango (Superplastificante) permite reducir una cantidad de agua de un 12% o más. (p. 2). [37]

Así mismo dicha norma indica una serie de requisitos que debe cumplir el aditivo como son la capacidad reductora de agua, variaciones controladas de los tiempos de fraguado, variaciones controladas de las resistencias del concreto a diversas edades, entre otros.

2.5 Modos de empleo de los aditivos superplastificantes:

Según la Asociación científica técnica del hormigón estructural (ACHE), en su publicación: “*Manual de Tecnología de aditivos para Hormigón*”, sostiene que los aditivos plastificantes, pueden ser incorporados en el concreto con 03 objetivos diferentes:

- Modo 1.- Si se mantiene constante el contenido de agua, su incorporación conduce a un concreto de alta fluidez, sin afectar significativamente las propiedades mecánicas y la durabilidad.

- Modo 2.- Permiten reducir el contenido de agua en el concreto sin afectar la trabajabilidad, de manera que se obtienen significativas mejoras de la resistencia y durabilidad.

▪ Modo 3.- Aprovechando su capacidad reductora de agua, permite optimizar simultáneamente el contenido de cemento y la relación agua/cemento con el objetivo de obtener un concreto con la misma fluidez inicial y con la misma resistencia que nuestro concreto de referencia. (p. 31) [38]

En la figura N° 11, se esquematiza los tres modos de empleo de un aditivo superplastificante.

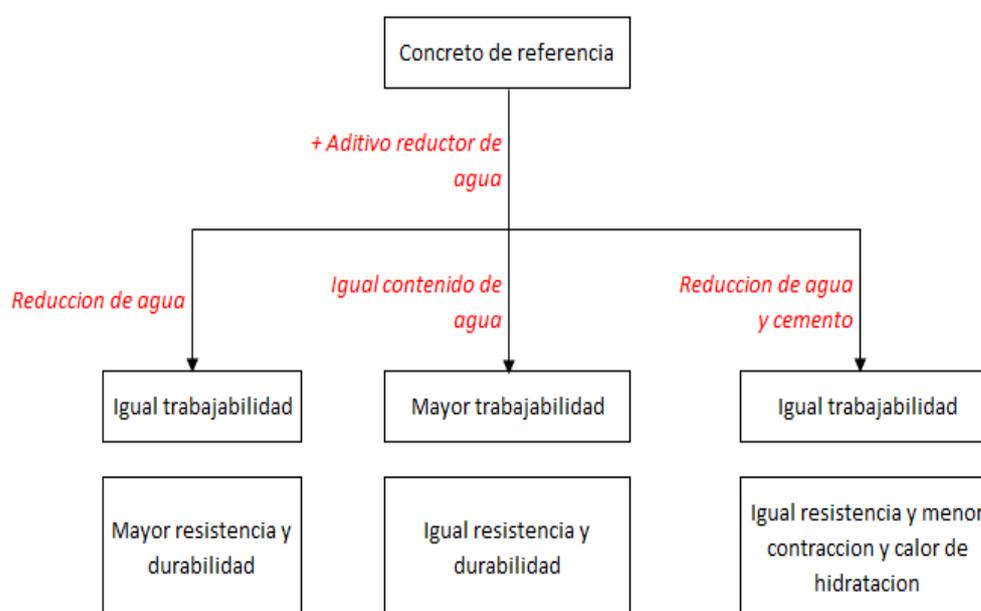


Figura 8 : Esquema de los 03 modos de empleo de los aditivos superplastificantes
Fuente : ACHE - Asociación científica técnica del hormigón estructural.

2.6 Efectos del aditivo superplastificante sobre el concreto:

La ACHE (2010) señala que en un concreto sin aditivo plastificante, las partículas de cemento presentan una fuerte tendencia a agruparse debido a interacciones electrostáticas y de Van Der Waals, dando lugar a flóculos o agrupaciones de partículas. Estos flóculos atrapan agua en su interior y como consecuencia la trabajabilidad de la mezcla es menor; además el agua no puede acceder a la superficie de las partículas de cemento que están en contacto entre sí. Sin embargo en presencia de un aditivo plastificante, gracias a su efecto fluidificante el grado

de floculación de las partículas de cemento disminuye y el agua inicialmente atrapada queda libre dando lugar a una mayor trabajabilidad y dejando mayor superficie libre de cemento para la hidratación temprana. (p. 35). [39]

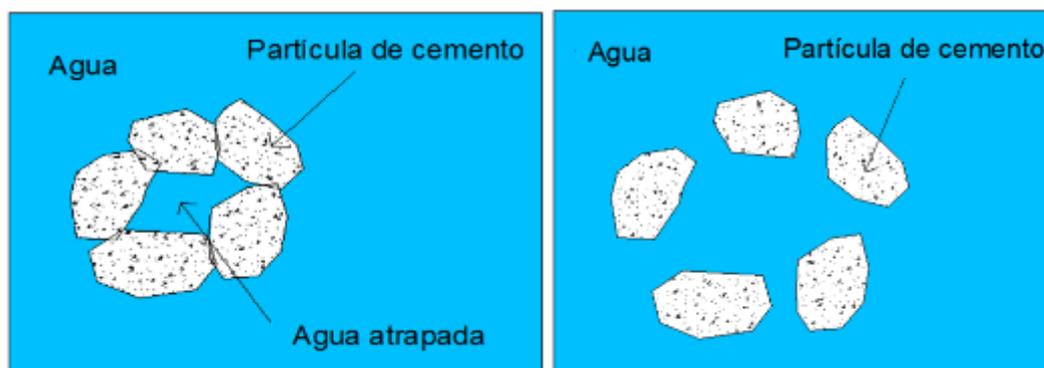


Figura 9 : Representación del efecto dispersante del aditivo superplastificante.
Fuente : ACHE - Asociación científica técnica del hormigón estructural.

Así mismo, la ACHE (2010), señala que la adición de aditivos superplastificantes modifica algunas propiedades del concreto, así podemos mencionar las principales:

- En la trabajabilidad.- Existe una mejora de la trabajabilidad del concreto fresco; ello es consecuencia de su efecto dispersante. Las fuerzas repulsivas entre partículas de cemento previenen la floculación y ello permite obtener el comportamiento reológico deseado
- En la cantidad de aire atrapado.- En general, los aditivos superplastificantes pueden incorporar una cierta cantidad de aire durante el proceso de mezclado que depende del tipo de aditivo, aunque la mayor parte de este aire se pierde durante el transporte y colocación
- En la resistencia a compresión.- La adición de aditivos superplastificantes en el concreto no afecta las propiedades mecánicas siempre que se mantenga la relación agua/cemento.

2.7 Dosificación de aditivos superplastificantes para concreto:

Los aditivos generalmente se suelen dosificar de 02 maneras:

- Modo 1.- En centímetros cúbicos por cada kilogramo de cemento (cc / kg)
- Modo 2.- En porcentaje con respecto al peso del cemento (% / kg)

A continuación se mostrarán ejemplos con los 02 modos de especificación:

Ejemplo Modo 1: Se cuenta con el siguiente diseño de mezcla de concreto x 01 m³:

- Cemento : 275 kg
- Agua : 205 L
- Agregado fino : 871 kg
- Agregado grueso : 1005 kg
- Aditivo superplastificante : Dosis de 2 cc/kg a 12 cc/kg

Considerando una dosis de aditivo de 8 cc/kg de cemento, se tiene:

$$(8\text{cc/kg}) \times 275\text{kg} = 2200\text{cc} = 2.2 \text{ L de aditivo / m}^3 \text{ de concreto}$$

Ejemplo Modo 2: Se cuenta con el siguiente diseño de mezcla de concreto x 01 m³:

- Cemento : 300 kg
- Agua : 210 L
- Agregado fino : 880 kg
- Agregado grueso : 995 kg
- Aditivo superplastificante : Dosis de 0.2% a 1.0%
- Peso específico del aditivo superplastificante : 1.2 g/cc

Considerando una dosis de aditivo de 0.6%, se tiene:

$$(0.6\% \times 300\text{kg}) = 1.80 \text{ kg} = (1.80/1200) = 1.50 \text{ L de aditivo/m}^3 \text{ de concreto}$$

CAPÍTULO III

RECURSOS Y METODOLOGÍA

3.1 Recursos:

Los recursos empleados en la presente investigación fueron seleccionados con el afán de reproducir una situación común en la elaboración de concreto en Lima. Los materiales fueron de procedencia local, se contrató mano de obra técnica especializada para la ejecución de los ensayos y se adquirieron/alquilaron los equipos y herramientas necesarias para el logro de los objetivos establecidos.

3.1.1 Materiales

Se emplearon insumos locales típicamente usados en la fabricación de concreto. En el anexo 1, se adjuntan los ensayos de calidad de los insumos empleados.

Tabla 4 : <i>Materiales empleados.</i>		
Fuente : El autor		
Material	Procedencia	Cantidad
Cemento Tipo I	UNACEM S.A.	10 Bolsas
Agua	Red Pública	1 m ³
Agregado fino	Cantera SM quebrada río seco	1 m ³
Agregado grueso huso 67	Cantera Jicamarca	1 m ³
Aditivo superplastificante: Rheobuild 1000	Basf	1 Galón

3.1.2 Mano de obra:

La ejecución de los ensayos en concreto fresco fueron realizados por el técnico: Edward Robertson Merma Jiménez, identificado con DNI: 41585154, debido a su experiencia como: Técnico de diseños de mezcla y ensayos nivel I (categoría alcanzada en UNICON).

3.1.3 Equipos:

Se emplearon equipos normalizados para la ejecución de los ensayos en concreto; entre ellos podemos mencionar:

Tabla 5 : <i>Equipos empleados.</i>		
Fuente : El autor		
Equipo	Marca	Cumple
▪ Termómetro digital	Hanna instruments	ASTM C143
▪ Cono de Abrams.	Ele international	ASTM C1064
▪ Moldes plásticos de 6''x12''.	Ele international	ASTM C192 - C470
▪ Molde metálico para ensayo de peso unitario	Ele international	ASTM C138
▪ Equipo Washington. Tipo B	Ele international	ASTM C231
▪ Maquina para ensayos a compresión.	Ele international	ASTM C39 - E4
▪ Balanza digital	Ohaus	Calibrada

3.1.4 Herramientas:

Las herramientas empleadas fueron adquiridas con el afán de facilitar el desarrollo de los trabajos, así podemos mencionar:

Tabla 6 : <i>Herramientas empleadas</i>		
Fuente : El autor		
Herramienta	Cantidad	Unidad
▪ Buguie.	02	Und.
▪ Cilindro x 200 L.	01	Und.
▪ Bandejas de aluminio	02	Und.
▪ Probeta graduada de 100 ml.	01	Und.
▪ Manguera.	50	m
▪ Cocina eléctrica	01	Und
▪ Palas	02	Und.
▪ Bandejas de plástico x 60 L	10	Und.
▪ Baldes de plástico x 20 L	12	Und.

3.2 Metodología:

3.2.1 Método empleado:

Para el desarrollo de la presente investigación se empleó el método “experimental” y “prospectivo”, pues se plantearon hipótesis y se desarrollaron pruebas de laboratorio (bajo condiciones controladas) a fin de poder recolectar la información requerida y determinar la relación entre las variables establecidas.

3.2.2 Población:

La población consistió en concretos elaborados bajo condiciones de laboratorio, considerando el empleo de insumos locales, con relaciones agua/cemento en el rango de 0.75 a 0.55, slump de 6” a 7”, con y sin aditivo superplastificante Rheobuild 1000.

3.2.3 Muestra:

La muestra consistió en una porción de concreto (65 Litros), la cual era sometida a ensayos de laboratorio normalizados para determinar sus propiedades.

3.2.4 Técnicas de recolección de datos:

En un inicio la técnica de recolección de datos consistió en “indagación y estudio”, de fuentes de tipo bibliográfico, hemerográfico y electrónico, donde se traten temas afines a los efectos de los aditivos plastificantes en el concreto, ya sea a nivel nacional como internacional.

Durante el desarrollo de la investigación la técnica de recolección consistió en toma de datos mediante “ensayos de laboratorio normalizados” tanto a los insumos, como al concreto con y sin aditivo superplastificante Rheobuild 1000.

3.2.5 Instrumentos:

Los instrumentos empleados para la toma de datos consistieron en:

- Equipos de laboratorio normalizados (ítem 3.1.3)
- Hojas de cálculo en Excel para el diseño de mezclas de concreto.
- Formatos en físico para el registro de datos.

3.2.6 Medidas de control:

Se identificaron y tomaron las siguientes medidas de control para poder reducir el efecto de diversas fuentes que pudieron ocasionar alteraciones en las propiedades de los concretos elaborados. Así podemos mencionar:

Tabla 7 : Medidas de control por variación por insumos. Fuente : El autor	
Variación	Medida de control
▪ Cambios de la fuente de agua.	▪ Se empleó solo agua potable perteneciente a la red pública de Villa María del Triunfo.
▪ Cambios del tipo y marca de cemento.	▪ Se empleó únicamente cemento tipo I, marca Sol, procedente de UNACEM.
▪ Cambios en el estado de hidratación del cemento.	▪ Se protegió y almacenó cuidadosamente el cemento con el empleo de plásticos. ▪ El cemento fue utilizado en menos de 01 semana.
▪ Cambios de la procedencia de los agregados.	▪ Se empleó únicamente agregado fino de cantera SM Quebrada Rio Seco y agregado grueso de cantera Jicamarca
▪ Cambios en la marca de aditivos.	▪ Se empleó solo aditivo superplastificante Rheobuild 1000, procedente de BASF.

Tabla 8 : Medidas de control por variación por condiciones ambientales. Fuente : El autor	
Variación	Medida de control
▪ Cambios en las condiciones ambientales	▪ Todos los concretos se elaboraron en la misma ubicación geográfica, dentro de un periodo corto de tiempo (01 semana) ▪ Todos los concretos fueron elaborados en las mañanas, para minimizar cambios en la temperatura ambiental.

Tabla 9 : Medidas de control por variación durante la ejecución de los ensayos. Fuente : El autor	
Variación	Medida de control
▪ Cambios de personal técnico.	▪ Se estableció un único personal técnico para la realización de los ensayos en concreto fresco.
▪ Cambios de laboratorio para rotura de probetas	▪ Todos los ensayos a compresión de las probetas fueron realizados en laboratorio tercero (JBO Ingenieros S.A.C.)
▪ Cambios en el curado de las probetas.	▪ Todas las probetas fueron curadas por saturación de agua hasta su edad de ensayo.
▪ Cambios en el método de refrentado.	▪ Todas las probetas fueron ensayadas empleando almohadillas de neopreno de dureza shore grado 60, los cuales presentaron menos de 100 usos.

Tabla 10 : Medidas de control por variación por la forma de ejecución de las pruebas. Fuente : El autor	
Variación	Medida de control
▪ Cambios en la secuencia de carguío	▪ Se uniformizo la secuencia de carguío de los materiales a la mezcladora de la siguiente manera: 100% piedra, 80% agua, 100% cemento, 100% arena y 100% de aditivo superplastificante disuelto en el 20% de agua restante.
▪ Cambios en el tiempo de mezclado	▪ Todos los concretos fueron mezclados por 5 minutos, contabilizados desde el contacto del agua con el cemento.
▪ Cambios en el volumen, velocidad y orientación de la mezcladora	▪ Todas las tandas de prueba fueron de 65 Litros, la velocidad en todos los casos de 15 RPM y la orientación del trompo mezclador fue 45° con respecto a la horizontal

Tabla 11 : Medidas de control por variación en los parámetros de diseño. Fuente : El autor	
Variación	Medida de control
▪ Cambios de humedad de los agregados	▪ Los agregados se protegieron con plásticos para eliminar la variación de humedad.
▪ Variaciones en la relación agua/cemento	▪ Se fijaron relaciones agua/cemento de: 0.75, 0.65 y 0.55 para concreto con y sin aditivo superplastificante.
▪ Cambios en la incidencia arena/piedra	▪ Todos los diseños fueron formulados considerando incidencia arena/piedra de 50/50.
▪ Cambios del contenido de aire teórico	▪ Todos los diseños fueron formulados considerando un contenido de aire atrapado teórico de 2.0 %
▪ Slump requerido	▪ El slump establecido estaba en el rango de 6 a 7 pulg.
▪ Cantidad de agua en los concretos sin aditivo superplastificante.	▪ La cantidad de agua fue la requerida para obtener concretos con slump de 6 a 7 pulg,
▪ Cantidad de aditivo superplastificante en los concretos con aditivo superplastificante.	▪ La cantidad de aditivo fue la requerida para obtener concretos con slump de 6 a 7 pulg, habiendo reducido previamente el 12% de agua (con respecto al agua requerida en los concretos sin aditivo superplastificante)

3.3 Normas de referencia:

Se emplearon normas técnicas ASTM y NTP como referencia para evaluar la calidad de cada uno de los insumos del concreto, así como las propiedades del concreto, entre ellas podemos mencionar:

Tabla 12 : <i>Normas de referencia</i> Fuente : El autor		
Ensayo	Norma de referencia	
▪ Práctica normalizada para reducir muestras de agregados.	NTP 400.043: 2006	ASTM C 702-11
▪ Contenido de humedad de agregados.	NTP 339.185: 2002	ASTM C 566-13
▪ Peso específico y absorción del agregado fino.	NTP 400.022: 2013	ASTM C 128-12
▪ Peso específico y absorción del agregado grueso.	NTP 400.021: 2013	ASTM C 127-12
▪ Material más fino que pasa el tamiz N° 200 en agregados.	NTP 400.018: 2013	ASTM C 117-13
▪ Análisis granulométrico de los agregados.	NTP 400.012: 2013	ASTM C 136-06
▪ Peso unitario de los agregados.	NTP 400.017:1999	ASTM C 29-07
▪ Resistencia a la abrasión del agregado grueso.	NTP 400.019:2002	ASTM C 535-12
▪ Contenido de cloruros solubles en suelo y agua subterránea.	NTP 339.177: 2002	AASHTO T291
▪ Contenido de sulfatos solubles en suelo y agua subterránea.	NTP 339.178: 2002	AASHTO T290
▪ Agua de mezcla para la elaboración de concreto.	NTP 339.088: 2011	ASTM C 1602-12
▪ Muestreo de mezclas de concreto fresco.	NTP 339.036: 2011	ASTM C 172-08
▪ Preparación y curado de especímenes de concreto.	NTP 339.183: 2013	ASTM C 192-14
▪ Temperatura de mezclas de concreto fresco.	NTP 339.184: 2013	ASTM C 1064-12
▪ Asentamiento (slump) del concreto fresco.	NTP 339.035: 2009	ASTM C 143-12
▪ Peso unitario y rendimiento del concreto fresco.	NTP 339.046: 2008	ASTM C 138-09
▪ Contenido de aire del concreto fresco. Método de presión.	NTP 339.080: 2011	ASTM C 231-14
▪ Exudación del concreto fresco.	NTP 339.077: 2013	ASTM C 232-14
▪ Resistencia a la compresión del concreto.	NTP 339.034: 2008	ASTM C 39-14

3.4 Procedimiento:

El siguiente flujograma, muestra de manera sencilla el procedimiento empleado a lo largo de la presente investigación, el mismo que se revisa a profundidad en el capítulo IV:

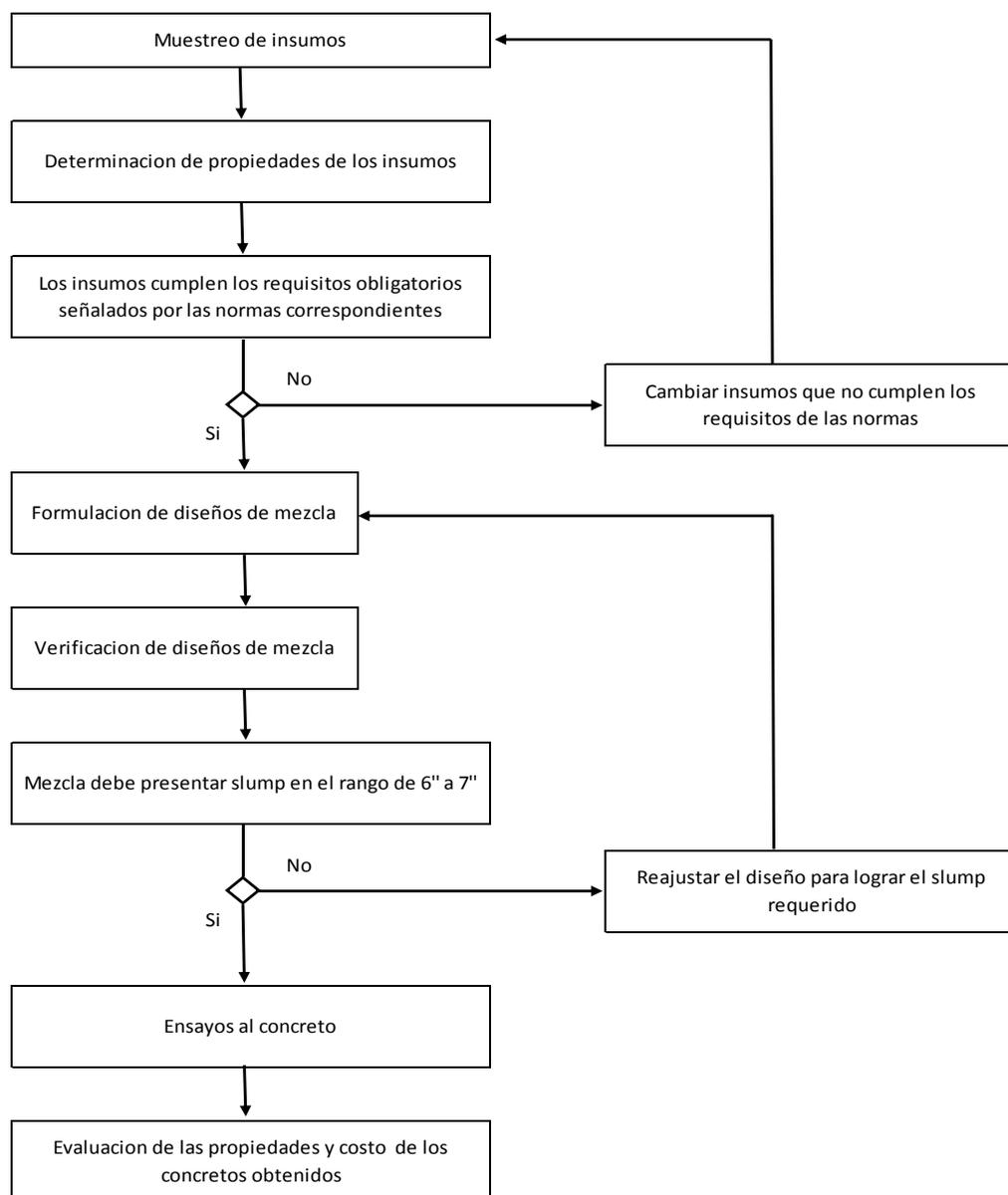


Figura 10 : Flujograma de procedimiento empleado.
Fuente : El autor

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN

A continuación se detalla el procedimiento que fue empleado en la presente investigación.

4.1 Etapa 1 - Muestreo de insumos:

Los agregados fueron muestreados en conformidad con la norma NTP 400.043 “*Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaños de ensayo*”



Figura 11 : Muestreo y cuarteo de agregados para determinación de propiedades.
Fuente : El autor

El agua fue muestreada en conformidad con la norma NTP 339.070 “*Toma de muestras de aguas usadas para la preparación y curado de morteros y concretos de cemento Portland y aguas agresivas*”.

El cemento y aditivo fueron adquiridos de manera directa, sin embargo se revisaron los certificados de calidad de los lotes empleados, para verificar que cumplan con las normas respectivas y su estado se encuentre apto para su empleo.

4.2 Etapa 2 - Determinación de propiedades de los insumos:

El agua empleada en los diseños de concreto fue potable procedente de la Red pública del distrito de Villa María del Triunfo. El agua cumple la norma NTP 339.088 *“Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland. Requisitos”*.

El cemento empleado fue tipo I, marca Sol de procedencia UNACEM S.A. El cemento cumple los requisitos señalados por la norma NTP 334.009 *“Cementos portland. Requisitos”*.

El aditivo superplastificante empleado fue Rheobuild 1000, procedente de la empresa BASF. El aditivo cumple los principales requisitos señalados en la NTP 334.088 *“Aditivos químicos en pastas, morteros y concreto. Especificaciones”*.

El agregado fino (arena gruesa) empleado fue de cantera SM quebrada río seco, ubicada en el distrito de Punta Hermosa. La arena cumple los requisitos señalados en la NTP 400.037 *“Especificaciones normalizadas de agregados para concreto”*

El agregado grueso (piedra chancada) empleado fue de cantera Jicamarca ubicada en Huachipa. La piedra empleada cumple con los requisitos señalados en la NTP 400.037 *“Especificaciones normalizadas para agregados para concreto”*

Tabla 13 : Propiedades del agua empleada.			
Fuente : El autor			
Ensayo	Método de ensayo	Agua (Red pública VMT)	Requisito
Cloruros solubles	NTP 339.076	50 ppm	Max 1000 ppm
Sulfatos solubles	NTP 339.074	122 ppm	Max 3000 ppm
Residuo solido	ASTM C1603	314 ppm	Max 50 000 ppm
Sólidos en suspensión	ASTM D5907	37 ppm	Max 5 000 ppm
pH	ASTM D1293	6.5	Ideal 5 a 8

Tabla 14 : Propiedades del cemento empleado.			
Fuente : El autor			
Ensayo	Método de ensayo	Valor	Requisito
Oxido de magnesio (MgO)	NTP 334.086	2.90 %	Max 6.00 %
Trióxido de azufre (SO ₃)	NTP 334.086	3.23 %	Max 3.50 %
Perdida por ignición	NTP 334.086	2.68 %	Max 3.00 %
Residuo insoluble	NTP 334.086	0.65 %	Max 0.75
Superficie especifica - Blaine	NTP 334.002	330 m ² / kg	Min 260 m ² / kg
Contenido de aire del mortero	NTP 334.048	7.23 %	Max 12.00
Fraguado inicial - Vicat	NTP 334.051	130'	Min 45'
Fraguado final - Vicat	NTP 334.051	305'	Max 375'
Resistencia a la compresión a 3 días	NTP 334.004	286 kg / cm ²	Min 122 kg / cm ²
Resistencia a la compresión a 7 días	NTP 334.051	331 kg / cm ²	Min 194 kg / cm ²

Tabla 15 : Propiedades del aditivo superplastificante empleado.			
Fuente : El autor			
Ensayo	Método de ensayo	Valor	Requisito
Reducción de agua con respecto al control	Interno	82 %	Max 88 %
Fragua inicial, con respecto al control	NTP 339.082	+ 1h 21 min	-1h a +1h 30'
Fragua final, con respecto al control	NTP 339.082	+ 1h 23 min	-1h a +1h 30'
Resistencia a 03 días	NTP 339.034	170 %	Min 125%
Resistencia a 07 días	NTP 339.034	153 %	Min 115%
Resistencia a 28 días	NTP 339.034	138 %	Min 110%

Tabla 16 : *Propiedades del agregado fino de cantera SM Quebrada río seco.*
 Fuente : El autor

Ensayo	Método de ensayo	Agregado fino	Requisito o valor referencial
Módulo de fineza	NTP 400.012:2001	2.83	2.30 a 3.10
Material más fino que el tamiz N°200	NTP 400.018:2002	4.80%	Max 5 %
Impurezas orgánicas	NTP 400.024:1999	No presenta	No debe presentar
Peso específico de masa	NTP 400.022:2002	2 630 kg/m ³	2 500 a 2 750 kg/m ³
Absorción	NTP 400.022:2002	0.70%	0.5 a 1.5 %
Peso unitario suelto (P.U.S.)	NTP 400.017:1999	1 572 kg/m ³	1 500 a 1 700 kg/m ³
Peso unitario compactado (P.U.C.)	NTP 400.017:1999	1 787 kg/m ³	Mayor que P.U.S.
Contenido de Cloruros solubles	NTP 339.177: 2002	243 ppm	Max 600 ppm
Contenido de Sulfatos solubles	NTP 339.178: 2002	593 ppm	Max 1 000 ppm

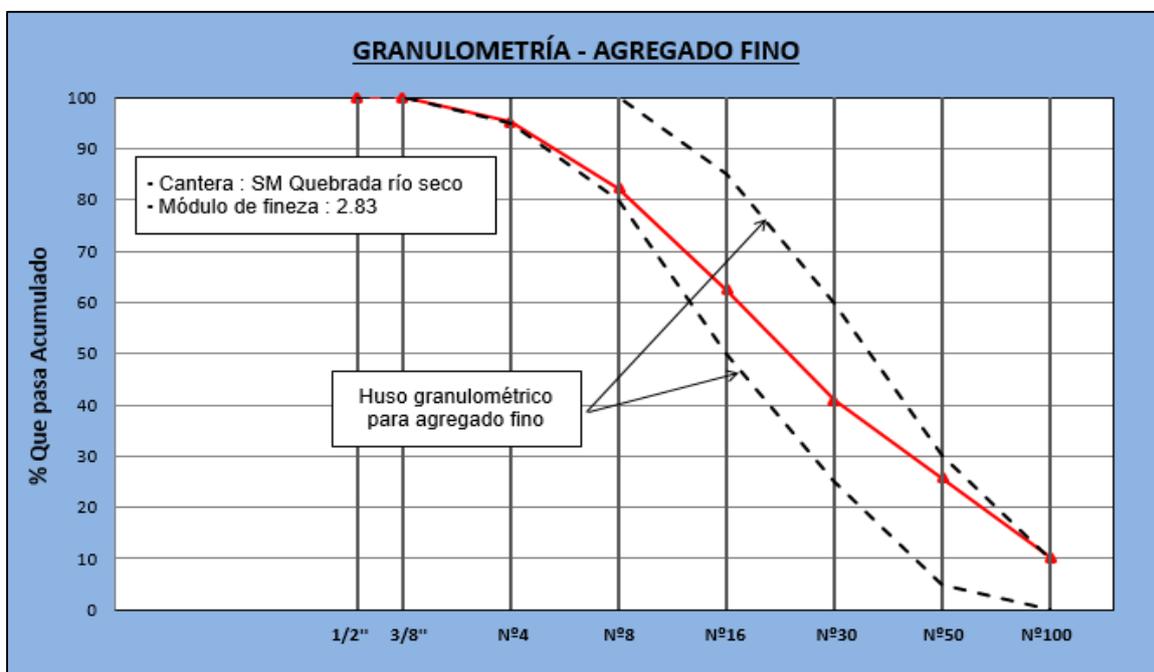
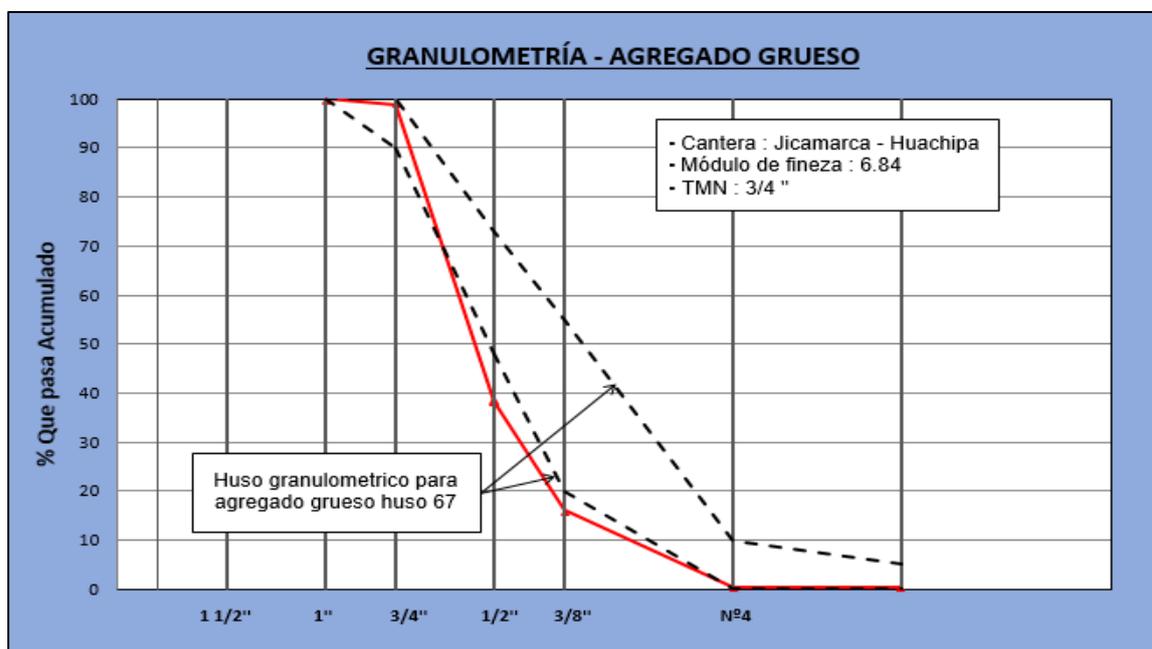


Tabla 17 : *Propiedades del agregado grueso huso 67 de cantera Jicamarca*
 Fuente : El autor

Ensayo	Método de ensayo	Agregado grueso	Requisito o valor referencial
Módulo de fineza	NTP 400.012:2001	6.84	De 6.30 a 6.90
Tamaño máximo nominal TMN	NTP 400.012:2001	3 /4''	3/4'' a 1 /2''
Peso específico de masa	NTP 400.021:2002	2 720 kg/m ³	2 500 a 2 750 kg/m ³
Absorción	NTP 400.021:2002	1.30%	0.5 a 1.5 %
Peso unitario suelto P.U.S.	NTP 400.017:1999	1 475 kg/m ³	1 500 a 1 700 kg/m ³
Peso unitario compactado P.U.C.	NTP 400.017:1999	1 596 kg/m ³	Mayor que P.U.S.
Resistencia a la abrasión	NTP 400.019:2002	13%	Max 50 %
Contenido de Cloruros solubles	NTP 339.177: 2002	139 ppm	Max 600 ppm
Contenido de Sulfatos solubles	NTP 339.178: 2002	703 ppm	Max 1 000 ppm



4.3 Etapa 3 - Formulación de diseños de mezcla:

Una vez obtenidas las propiedades de los insumos, se procedió a formular los diseños de mezcla de los concretos con y sin aditivo superplastificante. El método de diseño de mezcla empleado para las formulaciones iniciales fue el método del “*Módulo de fineza de la combinación de agregados*”, el mismo que se fue afinando hasta obtener los concretos con las características requeridas

Para lograr una correcta formulación fue necesario establecer los parámetros de diseño. Así podemos mencionar:

4.3.1 Corrección por humedad y absorción de los agregados

El contenido de humedad de los agregados fue realizado según lo indicado en la norma NTP 339.185 “*Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*”.

Los ensayos de absorción de los agregados se realizaron en conformidad con las normas NTP 400.021 y NTP 400.022. Cabe mencionar que debido a que no se disponía de los equipos y herramientas requeridos para la ejecución de este ensayo, esta propiedad fue determinada en laboratorio tercero.

La humedad y absorción de los agregados son propiedades inversas y muchas de las variaciones en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido son consecuencia de omitir estos ensayos o realizarlos de manera sub estándar.

4.3.2 Incidencia arena/piedra

Para determinar la incidencia arena/piedra a emplear, se optó por emplear el método del “Peso unitario máximo de la combinación de agregados”, el cual consistía en realizar una serie de combinaciones de arena/piedra en diversos (%), para luego determinar el peso unitario compactado de cada combinación con el objetivo de determinar aquella combinación que produzca el mayor peso unitario combinado. El desarrollo de esta prueba señaló que la óptima combinación de agregados era para una incidencia arena/piedra: 50/50.



Figura 12 : Ensayo de peso unitario de la combinación de agregados.
Fuente : El autor

Tabla 18 : <i>Peso unitario de la combinación de agregados.</i>	
Fuente : El autor	
Incidencia Arena/piedra	Peso unitario compactado seco (kg/m ³)
40 / 60	1985
50 / 50	2024
60 / 40	1997

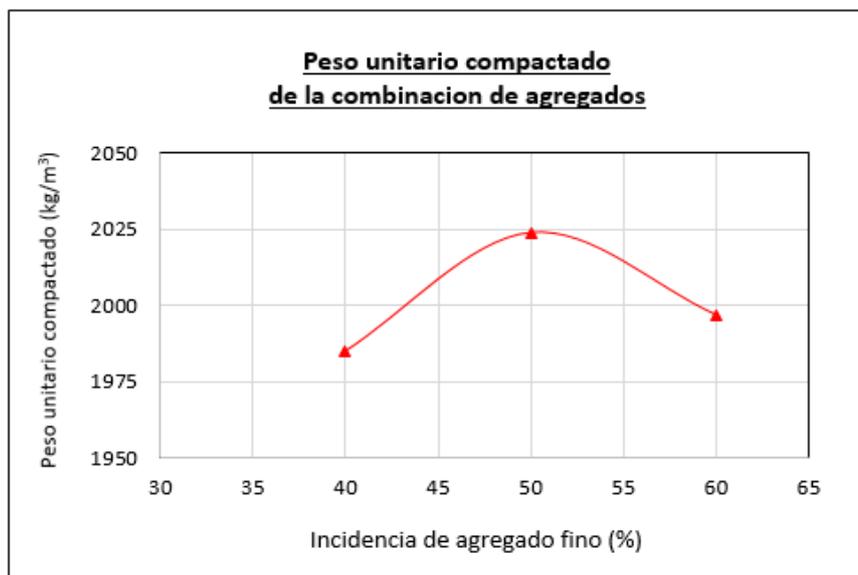


Figura 13 : Curva de peso unitario de la combinación de agregados obtenida.
Fuente : El autor

4.3.3 Cantidad de aire atrapado

Se tomó como referencia lo indicado en el código ACI 211.1-91 “*Práctica estándar para la selección de proporciones de concretos de peso normal y pesado*”, que señala que la cantidad de aire atrapado teórico está en función del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso a emplear.

El agregado grueso de cantera Jicamarca empleado fue de huso 67, de Tamaño Máximo Nominal 3/4”, por lo tanto el aire atrapado teórico que se consideró fue 2.0%

4.3.4 Relación agua/cemento

En la presente investigación se analizaron 03 relaciones agua/cemento: 0.75, 0.65 y 0.55; ya que es dentro de este intervalo donde se encuentran las resistencias a compresión típicamente empleadas en Lima.

4.3.5 Cantidad de agua

Para el caso de los concretos sin aditivo superplastificante, la cantidad de agua empleada era la requerida para obtener un concreto con slump entre 6'' y 7''; para ello fueron necesarias realizar mezclas de prueba preliminares.

Para el caso de los concretos con aditivo superplastificante Rheobuild 1000, la cantidad de agua empleada era un 12% menos que la requerida en los concretos sin aditivo superplastificante. Es decir se tomó y aplicó el concepto de la ASTM C494, donde señala que un aditivo superplastificante reduce como mínimo 12% de agua.

Tabla 19 : <i>Cantidad de agua empleada en los concretos</i> Fuente : El autor		
Relación agua/cemento	Concreto sin aditivo Superplastificante (A)	Concreto con aditivo Superplastificante (B)
0.75	225 L	198 L
0.65	232 L	204 L
0.55	244 L	215 L

(A) Cantidad de agua empleada una vez realizadas las pruebas.

(B) Cantidad de agua establecida considerando 12% de reducción.

4.3.6 Cantidad de cemento

La cantidad de cemento que se empleó en cada diseño de concreto, fue determinada de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{Cantidad de agua en } 01 \text{ m}^3 \text{ de concreto}}{\text{Relación agua/cemento deseada}}$$

4.4 Etapa 4 - Verificación de diseños de mezcla:

Posterior a la formulación de los diseños de mezcla teóricos, fue necesario realizar dichos diseños de mezcla en la realidad (verificación). Las etapas de formulación y verificación son dependientes; ya que en base a los resultados obtenidos, es necesario realizar una nueva formulación teórica y verificarla en la realidad, hasta obtener el concreto requerido.

Se realizó un control minucioso durante la dosificación de cada uno de los insumos. El tamaño de las tandas de concreto elaboradas fue de 65 Litros, con un tiempo de mezclado de 05 minutos contados a partir del contacto del agua con el cemento. Así mismo, se estableció una única secuencia de carguío de los materiales al mezclador considerando: 100% piedra, 80% agua, 100% cemento, 100% arena y 100% aditivo superplastificante disuelto en el 20% de agua restante.

Para el caso de los concretos sin aditivo superplastificante, el objetivo era determinar la cantidad de agua que producía un concreto con slump de 6'' a 7'', ya que el agua era el único insumo capaz de aportar fluidez al concreto en ausencia de aditivo superplastificante (ello es lo que sucede en la realidad, cuando no se emplean ningún tipo de aditivo plastificante).

Para el caso de los concretos con aditivo superplastificante, una vez reducida la cantidad de agua en 12%, el objetivo era determinar la cantidad de aditivo superplastificante Rheobuild 1000 que producía un concreto con slump de 6'' a 7''. Al haber reducido agua, era posible reducir la cantidad de cemento (ello constituye la ventaja técnica y económica del emplear aditivos plastificantes en el concreto).



Figura 14 : Control y verificación de la dosificación de insumos.
Fuente : El autor



Figura 15 : Carguío de los materiales al mezclador y descarga de concreto.
Fuente : El autor

En las tablas N° 20 al 22, se muestran las pruebas que fueron necesarias para obtener concretos con slump de 6'' a 7'' con relaciones agua/cemento de 0.75, 0.65 y 0.55 respectivamente, sin aditivo superplastificante.

Tabla 20 : *Obtención del concreto con relación a/c 0.75, sin aditivo superplastificante (A-0.75)*
Fuente : El autor

Insumo	Und	Diseños en condición seca x 01 m ³			
		Concreto sin aditivo Superplastificante			
		Preliminar 1	Preliminar 2	Preliminar 3	Definitivo
Cemento Sol tipo I	kg	267	280	293	300
Agua	L	200	210	220	225
Arena SM Quebrada rio seco	kg	914	895	876	867
Piedra huso 67 Jicamarca	kg	945	926	906	896
Relación agua/cemento	-	0.75	0.75	0.75	0.75
Slump obtenido	Pulg	1''	3 1/2''	5 3/4''	6 1/2''

Tabla 21 : *Obtención del concreto con relación a/c 0.65, sin aditivo superplastificante (A-0.65)*
Fuente : El autor

Insumo	Und	Diseños en condición seca x 01 m ³		
		Concreto sin aditivo Superplastificante		
		Preliminar 1	Preliminar 2	Definitivo
Cemento Sol tipo I	kg	346	354	355
Agua	L	225	230	232
Arena SM Quebrada rio seco	kg	847	838	834
Piedra huso 67 Jicamarca	kg	876	866	863
Relación agua/cemento	-	0.65	0.65	0.65
Slump obtenido	Pulg	5''	5 3/4''	6 1/2''

Tabla 22 : Obtención del concreto con relación a/c 0.55 sin aditivo superplastificante (A-0.55)				
Fuente : El autor				
Insumo	Und	Diseños en condición seca x 01 m ³		
		Concreto sin aditivo Superplastificante		
		Preliminar 1	Preliminar 2	Definitivo
Cemento Sol tipo I	kg	427	436	441
Agua	L	235	240	244
Arena SM Quebrada rio seco	kg	800	790	783
Piedra huso 67 Jicamarca	kg	828	817	809
Relación agua/cemento	-	0.55	0.55	0.55
Slump obtenido	Pulg	5 1/4''	5 3/4''	6 1/4''

En las tablas N° 23 al 25, se muestran las pruebas que fueron necesarias para obtener concretos con slump de 6'' a 7'' con relaciones agua/cemento de 0.75, 0.65 y 0.55 respectivamente, con aditivo superplastificante Rheobuild 1000.

Tabla 23 : Obtención del concreto con relación a/c 0.75, con aditivo superplastificante (B-0.75)					
Fuente : El autor					
Insumo	Und	Diseños en condición seca x 01 m ³			
		Concreto con aditivo Superplastificante			
		Preliminar 1	Preliminar 2	Preliminar 3	Definitivo
Cemento Sol tipo I	kg	264	264	264	264
Agua	L	198	198	198	198
Arena SM Quebrada rio seco	kg	916	915	915	915
Piedra huso 67 Jicamarca	kg	947	947	946	946
Aditivo Rheobuild 1000	L	1.05	1.60	1.70	1.85
Relación agua/cemento	-	0.75	0.75	0.75	0.75
Slump obtenido	Pulg	3''	5 1/4''	5 3/4''	6 1/2''

Tabla 24 : *Obtención del concreto con relación a/c 0.65, con aditivo superplastificante (B-0.65)*
Fuente : El autor

Insumo	Und	Diseños en condición seca x 01 m ³			
		Concreto con aditivo Superplastificante			
		Preliminar 1	Preliminar 2	Preliminar 3	Definitivo
Cemento Sol tipo I	kg	315	315	315	315
Agua	L	204	204	204	204
Arena SM Quebrada rio seco	kg	886	886	886	885
Piedra huso 67 Jicamarca	kg	916	916	916	916
Aditivo Rheobuild 1000	L	1.60	1.75	1.90	2.05
Relación agua/cemento	-	0.65	0.65	0.65	0.65
Slump obtenido	Pulg	4 3/4''	5 1/4''	5 3/4''	6 3/4''

Tabla 25 : *Obtención del concreto con relación a/c 0.55, con aditivo superplastificante (B-0.55)*
Fuente : El autor

Insumo	Und.	Diseños en condición seca x 01 m ³		
		Concreto con aditivo Superplastificante		
		Preliminar 1	Preliminar 2	Definitivo
Cemento Sol tipo I	kg	391	391	391
Agua	L	215	215	215
Arena SM Quebrada rio seco	kg	839	839	839
Piedra huso 67 Jicamarca	kg	868	868	867
Aditivo Rheobuild 1000	L	1.95	2.15	2.35
Relación agua/cemento	-	0.55	0.55	0.55
Slump obtenido	Pulg	5''	6''	6 3/4''

En el anexo 2 se adjuntan las hojas de cálculo de los diseños de mezclas finales.
En el anexo 4 se adjuntan 02 ejemplos de cálculo de los diseños de mezcla definitivos con y sin aditivo superplastificante.

4.5 Etapa 5 - Ensayos al concreto:

Una vez obtenido el concreto con slump en el rango de 6'' a 7'', se procedió a realizar ensayos al concreto en estado fresco y endurecido. En esta etapa se siguieron los procedimientos establecidos en las normas de referencia señaladas en el ítem 3.3 a fin de obtener valores representativos y reproducibles. Los ensayos realizados fueron:

- Temperatura del concreto fresco.
- Slump del concreto fresco.
- Peso unitario del concreto fresco.
- Contenido de aire atrapado del concreto fresco.
- Muestreo de probetas de 6''x12''.
- Ensayo a compresión de probetas de 6''x12'' a edades de 03, 07 y 28 días.



Figura 16 : Ensayo de temperatura del concreto fresco.

Fuente : El autor

Las probetas fueron desencofradas dentro de $24 \pm 8h$ en conformidad con la norma ASTM C192 "*Preparación y curado de especímenes de concreto*". Cabe mencionar que las probetas fueron identificadas tal como se indica en la tabla N°26.



Figura 17 : Ensayos de slump, peso unitario, contenido de aire y muestreo de probetas.

Fuente : El autor

Posteriormente las probetas fueron transportadas a laboratorio tercero; para ello se habilitaron bandejas con arena húmeda sobre las cuales se introdujeron las probetas de manera ordenada a fin de evitar que se golpeen entre sí.

El curado de las probetas se realizó por saturación en agua, para lo cual se añadió 3g de cal/Litro de agua de curado para lograr un pH del orden de 13 y se verificó que la temperatura del agua este en dentro del rango de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ en conformidad con la norma ASTM C511.

Tabla 26 : <i>Identificación de probetas.</i> Fuente : El autor			
Tipo de concreto	Relación agua/cemento	Edad de ensayo	Identificación de probeta
Concreto sin aditivo superplastificante	0.75	03 días	A-0.75 (3)
		07 días	A-0.75 (7)
		28 días	A-0.75 (28)
	0.65	03 días	A-0.65 (3)
		07 días	A-0.65 (7)
		28 días	A-0.65 (28)
	0.55	03 días	A-0.55 (3)
		07 días	A-0.55 (7)
		28 días	A-0.55 (28)
Concreto con aditivo superplastificante	0.75	03 días	B-0.75 (3)
		07 días	B-0.75 (7)
		28 días	B-0.75 (28)
	0.65	03 días	B-0.65 (3)
		07 días	B-0.65 (7)
		28 días	B-0.65 (28)
	0.55	03 días	B-0.55 (3)
		07 días	B-0.55 (7)
		28 días	B-0.55 (28)

El refrentado de las probetas fue realizado empleando almohadillas de neopreno de dureza shore grado 60, en conformidad con la norma ASTM C1231 “*Practica estándar para el uso de capas no adheridas en la determinación de la resistencia a compresión de cilindros de concreto endurecidos*”. El número de usos de las almohadillas fue menor a 100 usos, pues todas las probetas (36 unidades) fueron ensayadas empleando un único par de almohadillas.



Figura 18 : Transporte de probetas a laboratorio tercero.
Fuente : El autor



Figura 19 : Curado de probetas y verificación de pH del agua de curado.
Fuente : El autor

Finalmente todas las probetas fueron ensayadas en prensa digital, marca ELE INTERNATIONAL, debidamente calibrada y operativa en conformidad con las normas ASTM C39 y ASTM E4, en el laboratorio JBO Ingenieros.



Figura 20 : Ensayo a compresión de probetas en laboratorio tercero.

Fuente : El autor

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Resultados obtenidos:

5.1.1 Diseños de mezcla:

Los diseños de mezcla definitivos obtenidos fueron:

Tabla 27 : Diseños de mezcla obtenidos en condición seca x 01 m ³ Fuente : El autor							
Insumo	Und	CONCRETO SIN ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE			CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE		
		A - 0.75	A - 0.65	A - 0.55	B - 0.75	B - 0.65	B - 0.55
Cemento Sol tipo I	kg	300	355	441	264	315	391
Agua	L	225	232	244	198	204	215
Arena SM Quebrada rio seco	kg	867	834	783	915	885	839
Piedra huso 67 Jicamarca	kg	896	863	809	946	916	867
Aditivo Rheobuild 1000	L	0.00	0.00	0.00	1.85	2.05	2.35
Relación agua/cemento	-	0.75	0.65	0.55	0.75	0.65	0.55
Incidencia arena/piedra	%	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50
Cantidad de cemento x 01 m ³	Bolsas	7.1	8.4	10.4	6.2	7.4	9.2

5.1.2 Propiedades de los concretos obtenidos:

En la tabla 28, se muestran las propiedades tanto en estado fresco como endurecido de los concretos obtenidos.

Así mismo en la Tabla 29, se muestran los costos unitarios de cada material empleado en el concreto, según el mercado local.

Tabla 28 : <i>Propiedades de los concretos obtenidos.</i> Fuente : El autor							
Propiedad	Und	CONCRETO SIN ADITIVO			CONCRETO CON ADITIVO		
		SUPERPLASTIFICANTE			SUPERPLASTIFICANTE		
		A - 0.75	A - 0.65	A - 0.55	B - 0.75	B - 0.65	B - 0.55
Slump inicial	Pulg.	6 1/2	6 1/2	6 1/4	6 1/2	6 3/4	6 3/4
Temperatura del ambiente	°C	15.5	15.7	15.5	15.8	15.9	16.0
Temperatura del concreto	°C	17.8	18.6	19.0	17.3	17.6	17.9
Peso unitario teórico	kg/m ³	2306	2302	2293	2344	2341	2332
Peso unitario real	kg/m ³	2314	2318	2328	2328	2336	2341
Rendimiento	-	0.997	0.993	0.985	1.007	1.002	0.996
Contenido de aire atrapado real	%	1.5	1.4	1.0	2.0	1.8	1.2
F'c a 03 días	kg/cm ²	87	130	197	115	155	236
F'c a 07 días	kg/cm ²	167	209	269	163	208	297
F'c a 28 días	kg/cm ²	213	270	348	222	268	340

Tabla 29: <i>Costos unitarios de los materiales empleados.</i> Fuente : El autor			
Insumo	Unidad	Costo (S/ con IGV)	Costo (S/ sin IGV)
Cemento Sol tipo I	Bolsa 42.5 kg	S/23.00	S/0.459 / kg
Agua de red pública	m ³	S/5.00	S/0.002 / L
Agregado fino SM Quebrada rio seco	m ³	S/45.00	S/0.024 / kg
Agregado grueso Jicamarca Huso 67	m ³	S/60.00	S/0.034 / kg
Aditivo Rheobuild 1000	Bidón de 20 L	S/140.00	S/5.932 / L

Nota.- El PUS de la arena y piedra empleadas son 1572 y 1475 kg/m³ respectivamente

5.1.3 Análisis de costo unitario de los concretos obtenidos:

Los costos unitarios de cada concreto obtenido fueron:

Tabla 30 : Análisis de costo unitario de los concretos obtenidos x 01 m ³ (S/ - sin IGV)							
Fuente : El autor							
Insumo	Und	CONCRETO SIN ADITIVO			CONCRETO CON ADITIVO		
		SUPERPLASTIFICANTE			SUPERPLASTIFICANTE		
		A - 0.75	A - 0.65	A - 0.55	B - 0.75	B - 0.65	B - 0.55
Costo por cemento	S/	137.70	162.95	202.42	121.18	144.59	179.47
Costo por agua	S/	0.45	0.46	0.49	0.40	0.41	0.43
Costo por agregado fino	S/	20.80	20.03	18.78	21.96	21.25	20.13
Costo por agregado grueso	S/	30.48	29.34	27.52	32.17	31.13	29.49
Costo por aditivo superplastificante	S/	0.00	0.00	0.00	10.96	12.15	13.92
Σ = Costo por 01 m ³ de concreto	S/	189.43	212.78	249.21	186.67	209.52	243.43

5.2 Análisis de resultados obtenidos:

Para evaluar las ventajas técnicas y económicas que se obtienen al emplear aditivo superplastificante Rheobuild 1000 en el concreto, se analizará el efecto que produce este en el consumo de cemento, desarrollo de resistencia a compresión y costo unitario del concreto, pues estos constituyen los objetivos específicos de la investigación.

5.2.1 Efecto en el consumo de cemento:

Se observó que los concretos elaborados con aditivo superplastificante Rheobuild 1000, presentaron en todos los casos un menor consumo de cemento/m³ de concreto, ello debido a que al haber permitido reducir agua, fue posible reducir la cantidad de cemento.

El empleo del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, permitió reducir en promedio 11.5% de cemento/m³ de concreto.

Tabla 31 : <i>Contenido de cemento en los concretos obtenidos.</i>				
Fuente : El autor				
Relación agua/cemento	Concreto sin aditivo superplastificante	Concreto con aditivo superplastificante	Variación (kg)	Variación (%)
0.75	300 kg (7.1 Bolsas)	264 kg (6.2 Bolsas)	- 36 kg	-12.0%
0.65	355 kg (8.4 Bolsas)	315 kg (7.4 Bolsas)	- 40 kg	-11.3%
0.55	441 kg (10.4 Bolsas)	391 kg (9.2 Bolsas)	-50 kg	-11.3%
Promedio			-42.0 kg	-11.5%

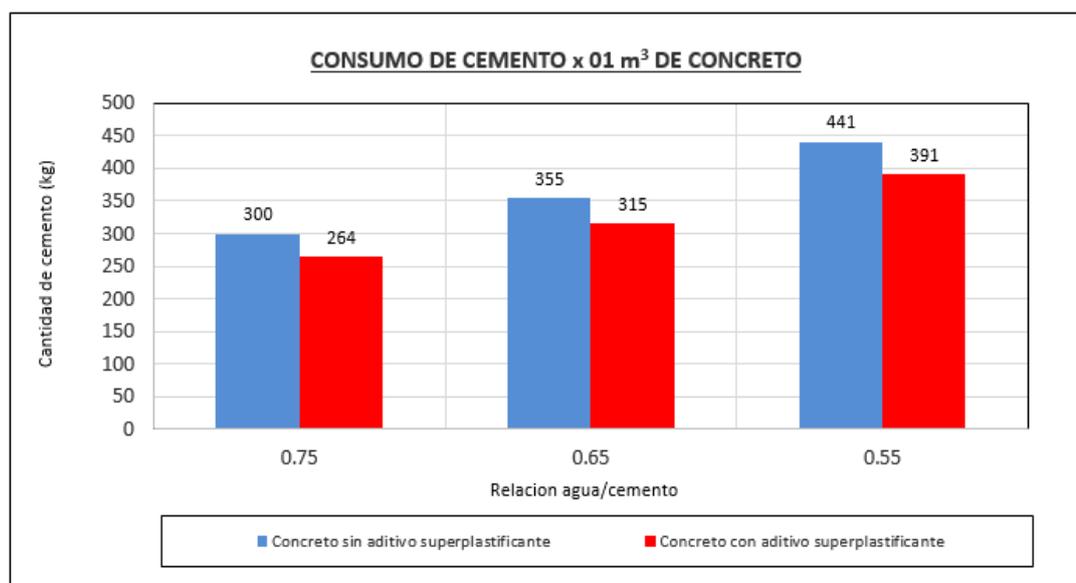


Figura 21 : Efecto del aditivo superplastificante en el consumo de cemento/m³

Fuente : El autor

La Federación Interamericana de cemento (FICEM) en su “*Informe Estadístico 2013*” sostiene que la industria del cemento es responsable de cerca del 5% del total de emisiones de CO₂ generadas por el hombre. (p. 41). [40]

El empleo de aditivo superplastificante Rheobuild 1000 permite reducir en 11.5% la cantidad de cemento en los concretos, por ende permite reducir las emisiones de CO₂, contribuyendo con ello a la sostenibilidad del ecosistema.

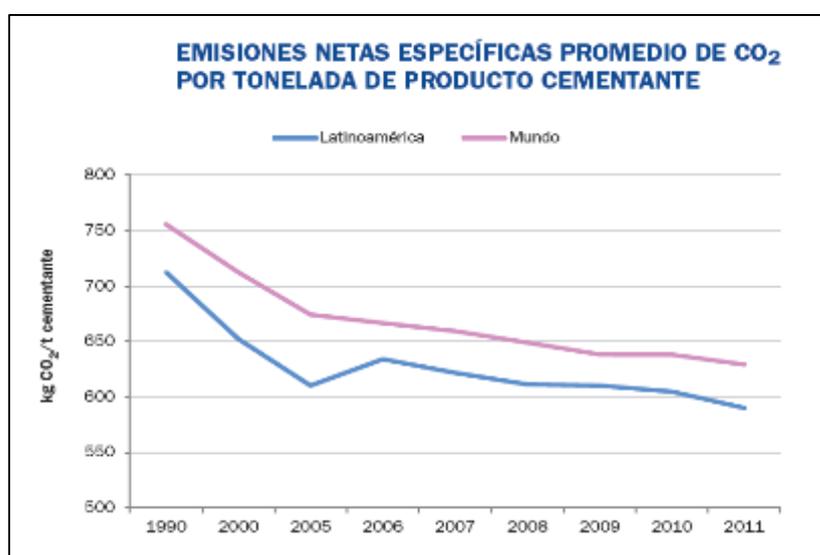


Figura 22 : Emisiones de CO₂ generadas por la industria cementera.
Fuente : FICEM – Federación Interamericana de cemento.

5.2.2 Efecto en el desarrollo de resistencia a compresión:

Los concretos con relación agua/cemento 0.75 elaborados con aditivo superplastificante Rheobuild 1000, mostraron resistencia a 03 días del orden de 52% mientras que los concretos sin aditivo superplastificante solo 41%, con respecto a 28 días.

Los concretos con relación agua/cemento 0.65 elaborados con aditivo superplastificante Rheobuild 1000, mostraron resistencia a 03 días del orden de 58% mientras que los concretos sin aditivo superplastificante solo 48%, con respecto a 28 días.

Los concretos con relación agua/cemento 0.55 elaborados con aditivo superplastificante Rheobuild 1000, mostraron resistencia a 03 días del orden de 69% mientras que los concretos sin aditivo superplastificante solo 57%, con respecto a 28 días.

Es decir en promedio a 03 días un concreto con aditivo superplastificante Rheobuild 1000, presentó resistencias del orden de 60%, mientras que un concreto sin aditivo superplastificante presentó solo 49%, con respecto a 28 días.

Sin embargo notamos que este efecto tiende a desaparecer en el tiempo; pues en promedio a 07 días un concreto con aditivo superplastificante Rheobuild 1000, presentó resistencias del orden de 79%, mientras que un concreto sin aditivo superplastificante presentó solo 77%, con respecto a 28 días.

A los 28 días las resistencias finales son prácticamente las mismas, incluso a pesar que los concretos con aditivo superplastificante Rheobuild 1000 presentaron menor contenido de cemento.

Contar con resistencias a la compresión mayores a edades tempranas resulta beneficioso dentro del proceso constructivo, pues permite un rápido desencofrado y puesta en servicio de las estructuras, por ende constituye una ventaja técnica.

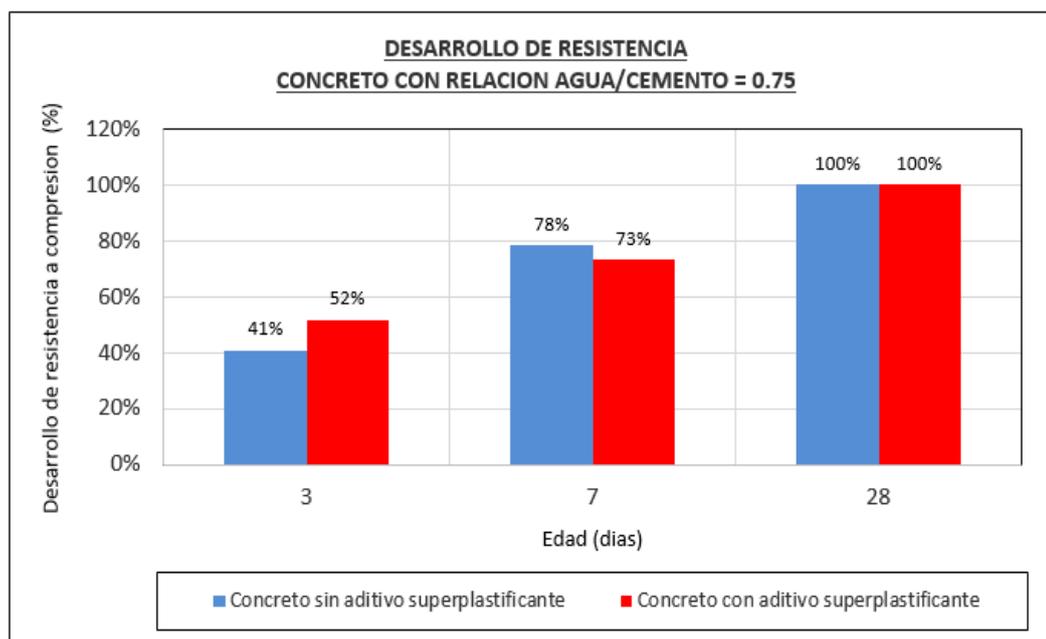
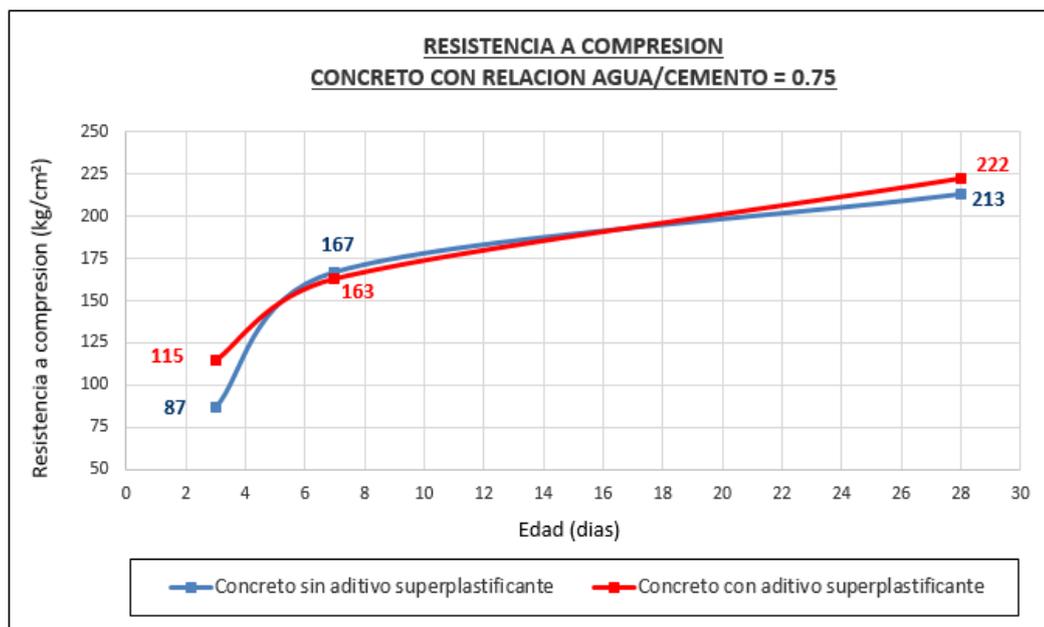


Figura 23 : Desarrollo de resistencia a compresión de los concretos con relación a/c = 0.75
Fuente : El autor

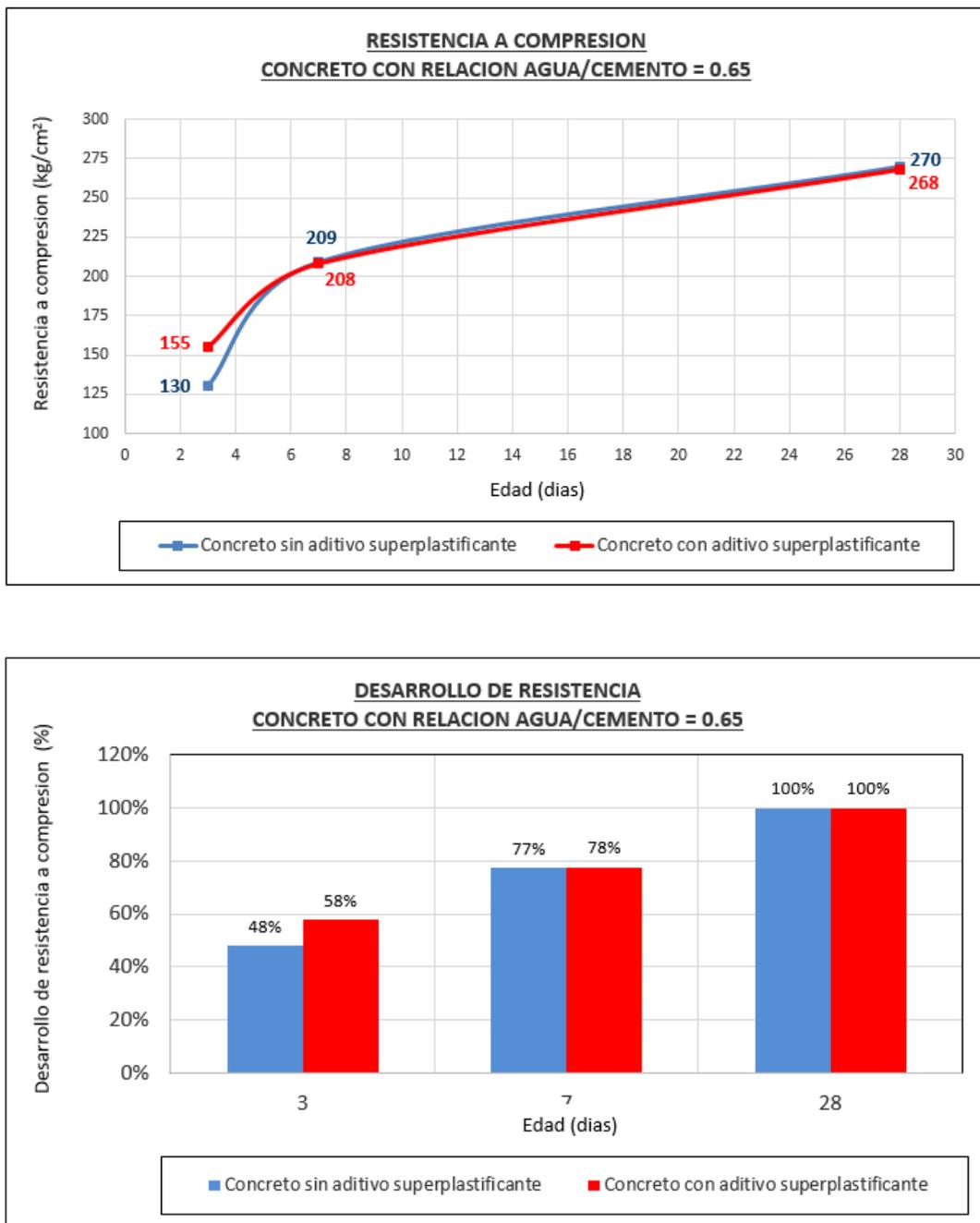


Figura 24 : Desarrollo de resistencia a compresión de los concretos con relación a/c = 0.65
Fuente : El autor

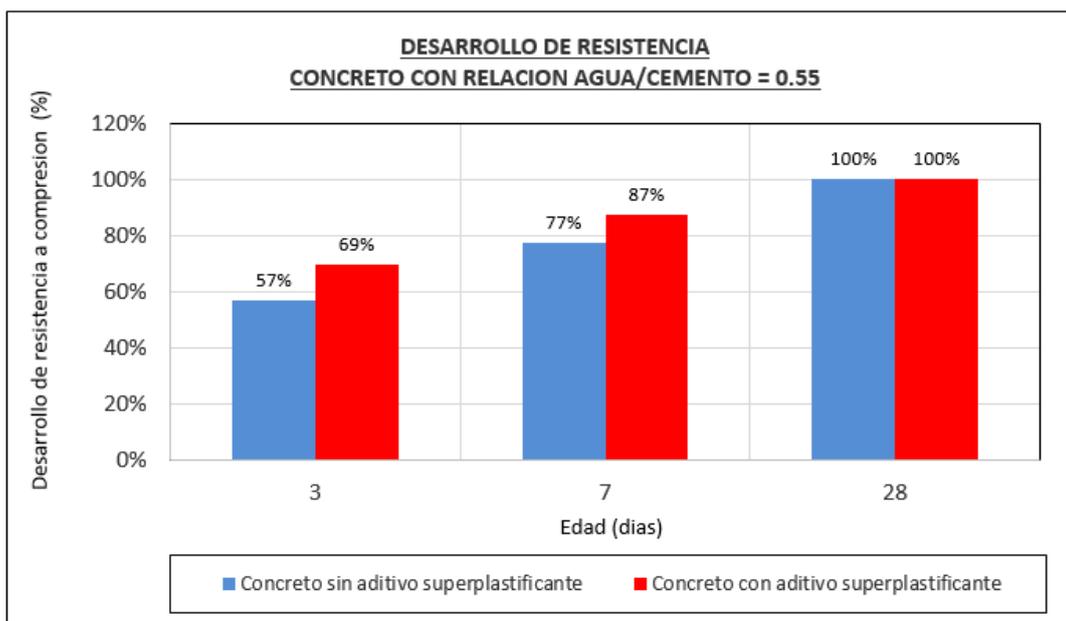
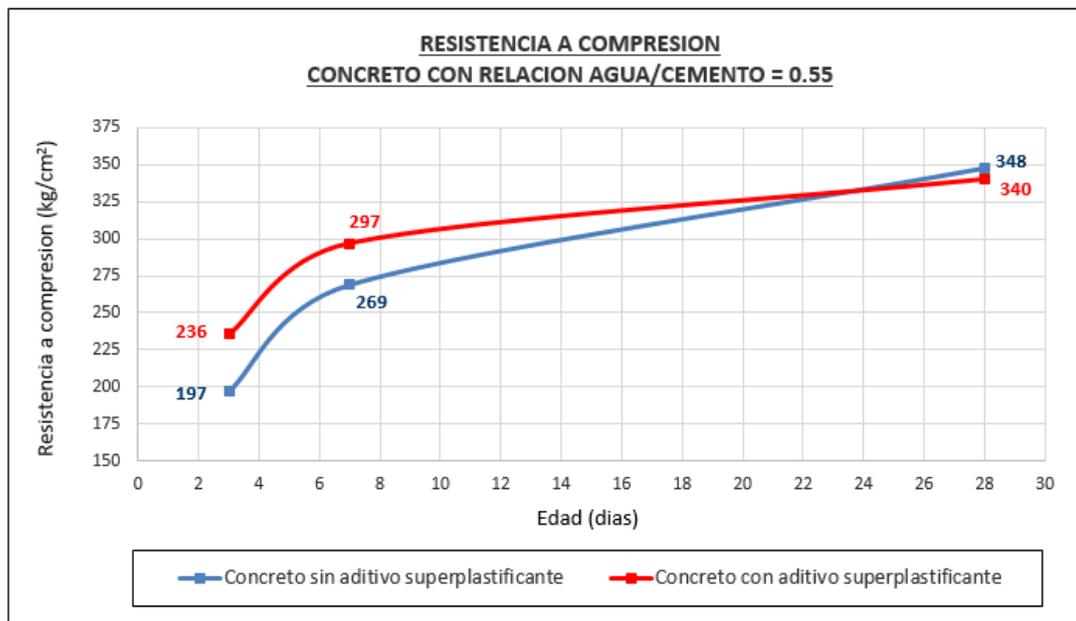


Figura 25 : Desarrollo de resistencia a compresión de los concretos con relación a/c = 0.55
Fuente : El autor

Tabla 32 : Desarrollo de resistencia a compresión de los concretos obtenidos.				
Fuente : El autor				
Relación agua/cemento	Edad (días)	Desarrollo de resistencia (kg/cm ²)		Variación
		Sin aditivo superplastificante	Con aditivo superplastificante	
0.75	03	87 kg/cm ²	115 kg/cm ²	+28 kg/cm ²
	07	167 kg/cm ²	163 kg/cm ²	-4 kg/cm ²
	28	213 kg/cm ²	222 kg/cm ²	+9 kg/cm ²
0.65	03	130 kg/cm ²	155 kg/cm ²	+25 kg/cm ²
	07	209 kg/cm ²	208 kg/cm ²	-1 kg/cm ²
	28	270 kg/cm ²	268 kg/cm ²	-2 kg/cm ²
0.55	03	197 kg/cm ²	236 kg/cm ²	+39 kg/cm ²
	07	269 kg/cm ²	297 kg/cm ²	+28 kg/cm ²
	28	348 kg/cm ²	340 kg/cm ²	-8 kg/cm ²

5.2.3 Efecto en el costo del concreto:

En todos los casos se observó, que al emplear aditivo superplastificante Rheobuild 1000, se obtienen concretos de menor costo y que esta diferencia tiende a ser mayor conforme la relación agua/cemento disminuye.

Esta optimización ha sido posible ya que el empleo del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, permitió reducir la cantidad de cemento; sin embargo resulta evidente que ello se logra siempre que el costo de la cantidad de aditivo empleada sea menor que el costo de la cantidad de cemento reducida.

Tabla 33 : Análisis de costo de los concretos con relación a/c = 0.75 (S/ - sin IGV)						
Fuente : El autor						
Insumo	Und	Precio Unitario (S/)	Concreto sin aditivo superplastificante		Concreto con aditivo superplastificante	
			Cantidad	Parcial (S/)	Cantidad	Parcial (S/)
Cemento Sol Tipo I	kg	0.459	300	137.70	264	121.18
Agua	L	0.002	225	0.45	198	0.40
Arena SM quebrada rio seco	kg	0.024	867	20.80	915	21.96
Piedra huso 67 Jicamarca	kg	0.034	896	30.48	946	32.17
Aditivo Rheobuild 1000	L	5.932	0.00	0.00	1.85	10.96
				S/ 189.43		S/ 186.67

Tabla 34 : Análisis de costo de los concretos con relación a/c = 0.65 (S/ - sin IGV)						
Fuente : El autor						
Insumo	Und	Precio unitario	Concreto sin aditivo superplastificante		Concreto con aditivo superplastificante	
			Cantidad	Parcial	Cantidad	Parcial
Cemento Sol Tipo I	kg	0.459	355	162.95	315	144.59
Agua	L	0.002	232	0.46	204	0.41
Arena SM quebrada rio seco	kg	0.024	834	20.03	885	21.25
Piedra huso 67 Jicamarca	kg	0.034	863	29.34	916	31.13
Aditivo Rheobuild 1000	L	5.932	0.00	0.00	2.05	12.15
				S/ 212.78		S/ 209.52

Tabla 35 : Análisis de costo de los concretos con relación a/c = 0.55 (S/ - sin IGV)						
Fuente : El autor						
Insumo	Und	Precio unitario	Concreto sin aditivo superplastificante		Concreto con aditivo superplastificante	
			Cantidad	Parcial	Cantidad	Parcial
Cemento Sol Tipo I	kg	0.459	441	202.42	391	179.47
Agua	L	0.002	244	0.49	215	0.43
Arena SM quebrada rio seco	kg	0.024	783	18.78	839	20.13
Piedra huso 67 Jicamarca	kg	0.034	809	27.52	867	29.49
Aditivo Rheobuild 1000	L	5.932	0.00	0.00	2.35	13.92
				S/ 249.21		S/ 243.43

Tabla 36 : Costo de 01 m ³ de concreto (S/ - sin IGV)			
Fuente : El autor			
Relación agua/cemento	Concreto sin aditivo superplastificante	Concreto con aditivo superplastificante	Variación
0.75	S/ 189.43	S/ 186.67	- S/ 2.76
0.65	S/ 212.78	S/ 209.52	-S/ 3.26
0.55	S/ 249.21	S/ 243.43	-S/5.78

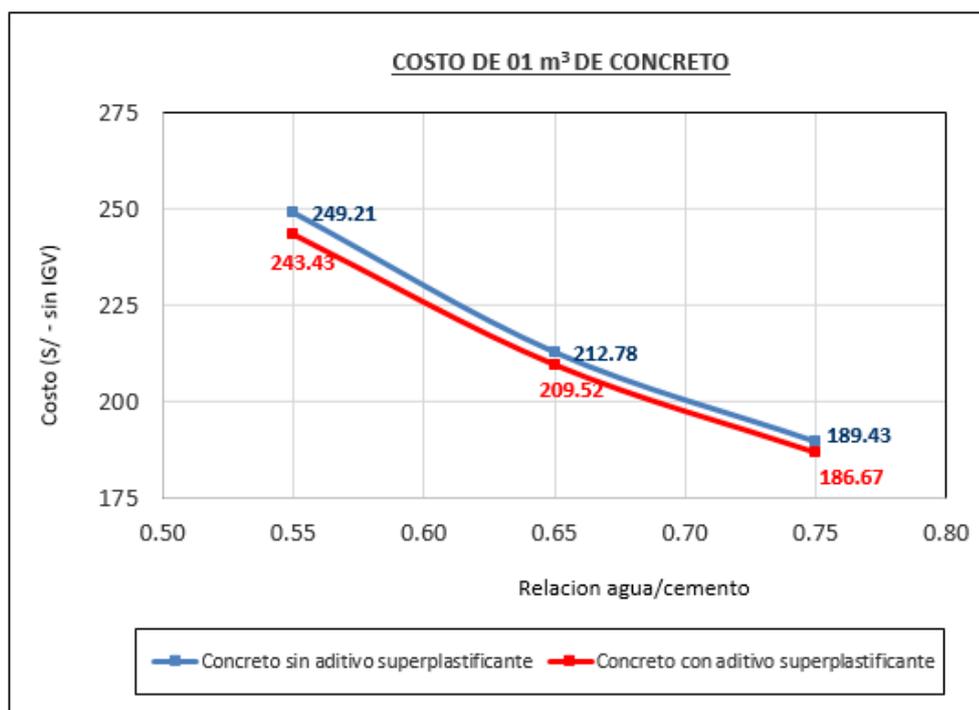


Figura 26 : Costo de 1m³ de concreto con y sin aditivo superplastificante.
Fuente : El autor

Un dato interesante nos brinda el ratio “costo de 01 kg/cm²”, pues se observa que conforme la relación agua/cemento disminuye el costo de 01 kg/cm² también lo hace. Ello nos indica que económicamente resulta más ventajoso trabajar con concretos de mayores resistencias, pues ligeros incrementos de inversión económica se traducen en altos incrementos de resistencias a compresión.

Notamos que el costo de 01 kg/cm² de un concreto sin aditivo superplastificante para las relaciones agua/cemento 0.75, 0.65 y 0.55 son: S/ 0.889 + IGV, S/ 0.788 + IGV y S/ 0.716 + IGV, respectivamente.

De manera similar el costo de 01 kg/cm² de un concreto con aditivo superplastificante Rheobuild 1000, para las relaciones agua/cemento 0.75, 0.65 y 0.55 son: S/ 0.841 + IGV, S/ 0.782 + IGV y S/ 0.715 + IGV, respectivamente.

Tabla 37 : Costo de 01 kg/cm ² (S/ - sin IGV)				
Fuente : El autor				
Tipo de concreto	Relación agua/cemento	Resistencia f'c a 28 días (kg/cm ²)	Costo de 01 m ³ (S/ sin IGV)	Costo de 01 kg/cm ² (S/ sin IGV)
Concreto sin aditivo superplastificante	0.75	213	189.43	0.889
	0.65	270	212.78	0.788
	0.55	348	249.21	0.716
Concreto con aditivo superplastificante	0.75	222	186.67	0.841
	0.65	268	209.52	0.782
	0.55	340	243.43	0.715

En apreciación personal el futuro de las edificaciones de concreto armado en Lima, las cuales se pretende optimizar costos y mejorar la calidad, reside en emplear concretos de mayores resistencias y ello es posible mediante la adición de aditivos superplastificantes.

CONCLUSIONES

Considerando los insumos, rango de relaciones agua/cemento analizadas y condiciones bajo las cuales se desarrolló la presente investigación, podemos mencionar:

1. El empleo de aditivo superplastificante Rheobuild 1000, en los concretos de resistencias convencionales permite reducir el consumo de cemento en promedio en 11.5%; contribuyendo de esta manera a la sostenibilidad del ecosistema.

2. El empleo de aditivo superplastificante Rheobuild 1000, en los concretos de resistencias convencionales permite obtener a 03 días resistencias del orden del 60%, mientras que los concretos sin aditivo superplastificante solo el 49%, con respecto a 28 días; contribuyendo de esta manera a un mayor avance de obra.

Cabe mencionar que este efecto tiende a desaparecer a los 07 días y a los 28 días el empleo de aditivo superplastificante Rheobuild 1000 no altera la resistencia a compresión, siempre que se mantenga constante la relación agua/cemento; incluso a pesar de presentar menores contenidos de cemento/m³.

3. El empleo de aditivo superplastificante Rheobuild 1000, permitió reducir el costo/m³ en S/ 2.76, S/ 3.26 y S/ 5.78 para los concretos con relación agua/cemento 0.75, 0.65 y 0.55 respectivamente; contribuyendo de esta manera a una economía del proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Para obtener un mayor desempeño de los aditivos superplastificantes se recomienda que estos sean añadidos al final de la tanda elaborada, disueltos con un % de agua de diseño.
2. La fluidez que otorga el aditivo superplastificante es solo momentánea (generalmente por 30 minutos), tiempo en el cual debe darse uso al concreto para el propósito que ha sido elaborado. Para mejorar la mantención del slump, puede añadirse pequeñas dosis de aditivo retardante, hasta obtener el concreto con la mantención de slump requerida.
3. Para determinar la óptima combinación de arena/piedra en la unidad cúbica de concreto, puede tomarse como referencia el método del peso unitario de la combinación de agregados; sin embargo esta prueba no debe ser considerada como la mejor combinación, pues la combinación ideal de arena/piedra debería ser determinada por la apariencia, trabajabilidad y consistencia requerida del concreto para la estructura y obra en particular.
4. La presente investigación podría ampliarse considerando un mayor rango de relaciones agua/cemento, empleo de otras marcas de aditivos, realizar mayores porcentajes de reducción de agua y demás ensayos al concreto como abrasión, contracción, flexión, exudación, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Society of Concrete Contractors. (2009). *Guía del contratista para la construcción en concreto de calidad*. USA: American Concrete Institute. [14]
- Asociación científica técnica del hormigón estructural (s.f). *Manual de tecnología de aditivos para hormigón*. España: ACHE. [38, 39]
- Asociación Colombiana de productores de concreto. (2010). *Tecnología del concreto, Materiales, Propiedades y Diseño de mezclas*. Colombia: ASOCRETO. [21]
- ASTM C494-10 (2010). *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*. USA: ASTM International. [37]
- Federación Interamericana del Cemento (2013). *Informe Estadístico 2013*. Colombia: FICEM. [40]
- Fernández, L1 (2017). *Evaluación del diseño del concreto elaborado con cemento Portland tipo I adicionando el aditivo Sikament-290N, en la ciudad de Lima*. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo. [7]
- Garay, L. Y., Quispe C. E. (2016). *Estudio del concreto elaborado en los vaciados de techos de vivienda en Lima y evaluación de alternativa de mejora mediante el empleo de aditivo superplastificante*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. [6]
- Giovambattista, A. (2011). *Hormigón, materiales, vida útil y criterios de conformidad y su consideración en el reglamento CIRSOC 201-2005*. Buenos Aires: Editorial del Instituto Nacional de Tecnología Industrial. [12]

- Gomero, B. W. (2005). *Aditivos y adiciones minerales para el concreto*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. [3]
- Indecopi. (2011). NTP 334. 009: 2011. *Cementos Portland Requisitos*. Perú: Indecopi. [28]
- Indecopi. (2011). NTP 400. 011: 2008. *Definición y Clasificación de agregados para uso en morteros y concretos*. Perú: Indecopi. [31]
- Instituto Mexicano del cemento y del concreto. (Agosto, 2006). *Problemas, causas y soluciones. Contracción por secado del concreto*. México: IMCYC. [25]
- Neville, A. M & Brooks, J. J. (1998). *Tecnología del concreto*. México: Editorial Trillas [20]
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú. [1, 11, 18, 23, 27, 30, 35]
- Pasquel, E. (2010). *Mitos y realidades del concreto informal en el Perú*. Ponencia presentada en la IX Convención Internacional del ACI PERÚ, Lima. [5]
- Portland Cement Association. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. México: PCA. [8, 16, 19, 26]
- Rivva, E. (2007). *Diseño de mezclas*. Lima, Perú: Imprenta Williams. [13]
- Rivva, E. (2008). *Materiales para el concreto*. Lima, Perú: Fondo editorial ICG. [9, 24, 33, 36]

Rivva, E. (2008). *Supervisión del concreto en obra*. Lima, Perú: Fondo editorial ICG. [15]

Sánchez, K. E. (2017). *Aditivo superplastificante y su influencia en la consistencia y desarrollo de resistencias de concreto para $F'C=175, 210$ y 245 kg/cm^2* . (Tesis de pregrado). Universidad Continental, Huancayo. [4]

The Aberdeen Group. *Fundamentos del Hormigón*. USA: Concrete construction [17]

Tineo, J. (2005). *Estudio de las propiedades reológicas de diferentes tipos de cementos con distintos superplastificantes*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima. [2]

Torre, A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil – Laboratorio de ensayo de materiales. [29, 32, 34]

Torres, S. (2015). *La cita y referencia bibliográfica: Guía basada en las normas APA*. (3a ed.). Buenos Aires: Biblioteca Central UCES.

Wikipedia. *El concreto*. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Concreto> [10]

GLOSARIO

- 1. Aditivo.** Material distinto del agua, de los agregados o del cemento hidráulico, utilizado como componente del concreto, y que se añade a éste antes o durante su mezclado a fin de modificar sus propiedades.
- 2. Aditivo reductor de agua de alto rango (superplastificante).** Ingrediente reductor del agua capaz de producir una gran reducción de agua o una gran fluidez sin provocar un retraso indebido del fraguado ni la incorporación de aire en el mortero u hormigón.
- 3. Agregado Fino.** Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 3/8".
- 4. Agregado Grueso.** Agregado retenido en el tamiz N° 4, proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas.
- 5. Aire atrapado.** Vacíos de aire en el concreto que no se han generado intencionalmente, y que son significativamente mayores y menos útiles que los del aire incorporado, de un tamaño de 1 mm o mayor.
- 6. Cemento.** Material pulverizado que por adición de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.
- 7. Concreto.** Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.
- 8. Concreto armado.** Concreto estructural reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero, señalado en el ACI 318S-11
- 9. Corrosión.** Destrucción de un metal provocada por las reacciones químicas, electroquímicas o electrolíticas con su ambiente.

10. Dosificación. Selección de las proporciones de los elementos a fin de utilizar los materiales disponibles de la manera más económica posible para producir un mortero u hormigón con las propiedades requeridas.

11. Mezcla. Acción o proceso de mezclar; también una mezcla de materiales, tales como el mortero o el concreto.

12. Módulo de fineza. Factor que se obtiene sumando los porcentajes retenidos acumulados y dividiendo la sumatoria por 100: (No. 100, No. 50, No. 30, No. 16, No. 8, No. 4, 3/8", 3/4", 1 1/2" y 3").

13. Mortero. Mezcla de pasta cementicia y agregado fino.

14. Pasta de cemento. Es la mezcla de cemento, agua y aire atrapado.

15. Resistencia a la compresión del concreto (f'_c). Resistencia a la compresión del concreto empleada en el diseño y evaluada de acuerdo con las consideraciones del ACI 318.

16. Relación agua/cemento (a/c) Relación entre la cantidad de agua, excluyendo solamente aquella absorbida por los agregados, y la cantidad de cemento en un mortero, hormigón o pasta cementicia; preferentemente expresada en forma decimal y abreviada w/c.

17. Slump. Medida de la consistencia de un hormigón, mortero o revoque fresco, igual al asentamiento de una probeta inmediatamente después de retirar el cono de asentamiento, medido al 1/4 in. (6 mm) más cercano.

ANEXO N° 01

ENSAYOS DE CALIDAD DE INSUMOS

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
UBICACIÓN : Lima
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 12 de Enero del 2015 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA SM QUEBRADA RIO SECO PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
PUNTA HERMOSA (Arena gruesa) CANTIDAD : 60 kg aprox.

ASTM C 136 STANDARD TEST METHOD FOR SIEVE ANALYSIS OF FINE AND COARSE AGGREGATES

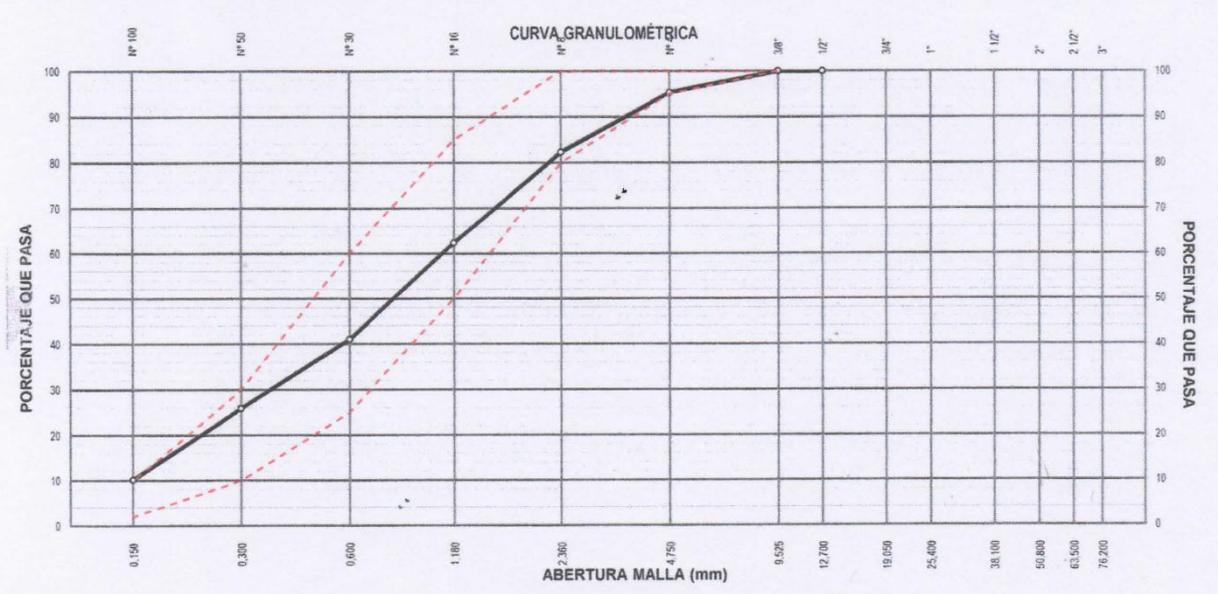
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.525			100.0
N° 4	4.750	4.7	4.7	95.3
N° 8	2.360	13.0	17.7	82.3
N° 16	1.180	19.9	37.6	62.4
N° 30	0.600	21.4	59.0	41.0
N° 50	0.300	15.1	74.1	25.9
N° 100	0.150	15.6	89.8	10.2
FONDO		10.2	100.0	-

CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO				
Limite líquido	(%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
Limite plástico	(%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Índice plástico	(%)	MTC E 111 - 2016	:	NP

Modulo de Finura	ASTM C 125-06	:	2.83
------------------	---------------	---	------

Descripción de la muestra	:	Arena gruesa
---------------------------	---	--------------

OBSERVACIONES:
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Huso granulométrico para la arena a emplearse en mezclas de concreto hidráulico, según las EG-2013



Equipos usados:
Estufa: ER 400 L / Serie N° 820816 (28/12/2014)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2014)

ERICK OSWALDO ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona
 PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 12 de Enero del 2015
 FECHA EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA SM QUEBRADA RÍO SECO
 PUNTA HERMOSA (Arena gruesa)
 PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
 DESCRIPCIÓN : Arena gruesa
 CANTIDAD : 60 kg aprox.

ASTM C 117

STANDARD TEST METHOD FOR MATERIALS FINER THAN 75 μ m (N°200) SIEVE IN MINERAL AGGREGATES BY WASHING

DENOMINACIÓN	MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 μ m)
Tarro N°	224
Peso suelo seco + tarro - inicial (g)	541.8
Peso suelo seco + tarro - final (g)	520.4
Peso del material pasante por la Malla N° 200 (g)	21.4
Peso del tarro (g)	92.3
Peso del suelo seco inicial (g)	449.5
MATERIAL PASANTE POR LA MALLA N° 200 (%)	4.8

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 820816 (28/12/2014)

Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2014)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 12 de Enero del 2015 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA SM QUEBRADA RÍO SECO PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
 PUNTA HERMOSA (Arena gruesa)
 DESCRIPCIÓN : Arena gruesa CANTIDAD : 60 kg. aprox.

ASTM C 128

STANDARD TEST METHOD FOR SPECIFIC GRAVITY AND ABSORTION OF FINE AGGREGATE

DESCRIPCIÓN		AGREGADO FINO
Peso material saturado y superficie seca (en aire)	(g)	500.0
Peso fiola + H ₂ O	(g)	1235.34
Peso fiola + H ₂ O + material	(g)	1735.34
Peso fiola + H ₂ O + material saturado y superficie seca	(g)	1546.56
Volumen masa + volumen de vacios	(cm ³)	188.78
Peso material seco a 105 °C	(g)	496.51
Volumen de masa	(cm ³)	185.3
Peso bulk base seca	(g/cm ³)	2.63
Peso bulk base saturada	(g/cm ³)	2.65
Peso aparente base seca	(g/cm ³)	2.68
Absorción	(%)	0.70

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2014)

Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2014)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona
 PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 12 de Enero del 2015
 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA PRUEBA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA SM QUEBRADA RÍO SECO
 PUNTA HERMOSA (Arena gruesa)
 PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
 DESCRIPCIÓN : La indicada
 CANTIDAD : 60 kg. aprox.

ASTM C29 / C29M STANDARD TEST METHOD FOR UNIT WEIGHT AND VOIDS IN AGGREGATE

MATERIAL	PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m ³)
Arena gruesa	1,572	1,787

OBSERVACIONES:

Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Balanza: R31P30 / Serie N° 8336370747 (28/12/2014)

[Handwritten Signature]
 ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112539

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 12 de Enero del 2015 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA SM QUEBRADA RÍO SECO PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
 PUNTA HERMOSA (Arena gruesa)
 DESCRIPCIÓN : Arena gruesa CANTIDAD : 60 kg. aprox.

ASTM C 40 STANDARD TEST METHOD FOR ORGANIC IMPURITIES IN FINE AGGREGATES FOR CONCRETE

MATERIAL	GRADO LA PLACA GARDNER	RESULTADO
ARENA GRUESA	I	NO PRESENTA IMPUREZAS ORGÁNICAS

OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639

EXPEDIENTE N° 026 - 2015 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 12 de Enero del 2015 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA SM QUEBRADA RÍO SECO PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
 PUNTA HERMOSA (Arena gruesa)
 DESCRIPCIÓN : La indicada CANTIDAD : 60 kg. aprox.

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES

MATERIAL	CONTENIDO DE CLORUROS SOLUBLES NTP 339.177 / AASHTO T 291 (ppm)	CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES NTP 339.178 / AASHTO T 290 (ppm)
Arena gruesa	243	593

OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Horno: FAEL / Serie N° S/N (29/12/2014)
 Mufla: FAEL / Serie N° S/N (29/12/2014)
 Balanza: PA214 / Serie N° B32952358 (29/12/2014)
 Balanza: SE3001F / Serie N° 7138461407 (29/12/2014)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 12 de Enero del 2015 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA SM QUEBRADA RÍO SECO PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
 PUNTA HERMOSA (Arena gruesa)
 DESCRIPCIÓN : La indicada CANTIDAD : 60 kg. aprox.

NTP 339.152 / BS 1377		CONTENIDO DE SALES SOLUBLES	
MATERIAL	SALES SOLUBLES (ppm)		
Arena gruesa	950		

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: FAEL / Serie N° S/N (29/12/2014)
 Balanza: PA214 / Serie N° B32952358 (29/12/2014)
 Plancha: FAEL / Serie N° S/N (28/12/2014)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 12 de Enero del 2015 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA JICAMARCA PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
 HUACHIPA (Piedra chancada) CANTIDAD : 80 kg aprox.

MTC E 204 - 2016

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			100.0
3/4"	19.050	1.2	1.2	98.8
1/2"	12.700	60.6	61.8	38.2
3/8"	9.525	22.1	83.9	16.1
1/4"	6.350	14.5	98.4	1.6
N° 4	4.750	1.2	99.6	0.4
N° 8	2.360	0.0	99.6	0.4
N° 16	1.180	0.0	99.6	0.4
N° 30	0.600	0.0	99.6	0.4
N° 50	0.300	0.0	99.6	0.4
N° 100	0.150	0.0	99.6	0.4
FONDO		0.4	100.0	

CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO			
Tamaño máximo	(Pulg)	NTP 400.037	: 1
Tamaño máximo nominal	(Pulg)	NTP 400.037	: 3/4
Modulo de Finura		ASTM C 125-06	: 6.83

Descripción de la muestra : Piedra chancada

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.



ERICK OSWALDO ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639

Equipos usados:
 Estufa: ER 400 L / Serie N° 820816 (28/12/2014)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2014)

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 12 de Enero del 2015 FECHA EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA JICAMARCA PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
 HUACHIPA (Piedra chancada)
 DESCRIPCIÓN : Piedra chancada CANTIDAD : 80 kg aprox.

ASTM C 117

STANDARD TEST METHOD FOR MATERIALS FINER THAN 75um (N°200) SIEVE IN MINERAL AGGREGATES BY WASHING

DENOMINACIÓN	MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Tarro N°	335
Peso suelo seco + tarro - inicial (g)	1,726.5
Peso suelo seco + tarro - final (g)	1,716.3
Peso del material pasante por la Malla N° 200 (g)	10.2
Peso del tarro (g)	136.7
Peso del suelo seco inicial (g)	1,589.8
MATERIAL PASANTE POR LA MALLA N° 200 (%)	0.6

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 820816 (28/12/2014)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2014)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. ZIP N° 112639

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 12 de Enero del 2015 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA JICAMARCA PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
 HUACHIPA (Piedra chancada)
 DESCRIPCIÓN : Piedra chancada CANTIDAD : 80 kg. aprox.

MTC E 206 - 2016 GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

DESCRIPCIÓN		AGREGADO GRUESO
Peso material saturado y superficie seca (en aire)	(g)	2,122.3
Peso material saturado y superficie seca (en agua)	(g)	1350.7
Volumen masa + volumen de vacios	(cm ³)	771.7
Peso material seco a 105 °C	(g)	2,095.2
Volumen de masa	(cm ³)	744.5
Peso bulk base seca	(g/cm ³)	2.72
Peso bulk base saturada	(g/cm ³)	2.75
Peso aparente base seca	(g/cm ³)	2.81
Absorción	(%)	1.30

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2014)

Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2014)

[Handwritten Signature]
 ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 12 de Enero del 2015 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA PRUEBA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA JICAMARCA PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
 HUACHIPA (Piedra chancada)
 DESCRIPCIÓN : La indicada CANTIDAD : 80 kg. aprox.

ASTM C29 / C29M STANDARD TEST METHOD FOR UNIT WEIGHT AND VOIDS IN AGGREGATE

MATERIAL	PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m ³)
Piedra chancada	1,475	1,596

OBSERVACIONES:

Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Balanza: R31P30 / Serie N° 8336370747 (26/12/2014)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. C/P N° 112636

EXPEDIENTE N° 026 - 2015 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 12 de Enero del 2015 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA JICAMARCA PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
 HUACHIPA (Piedra chancada)
 DESCRIPCIÓN : Piedra chancada CANTIDAD : 80 kg. aprox.

ASTM C 131

STANDARD TEST METHOD FOR RESISTANCE TO DEGRADATION OF SMALL-SIZE COARSE AGGREGATE BY ABRASION AND IMPACT IN THE LOS ANGELES MACHINE.

REFERENCIAS DEL ENSAYO		DATOS DE ENSAYO		RESULTADOS (% DE PÉRDIDA)
Gradación	"B"	Peso Inicial (g)	: 5002	13
Tamaño máximo nominal	3/4"	Peso final (Ret. N°10) (g)	: 4370	
Número de esferas	11	Perdida (g)	: 632	

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2014)

Balanza: R31P30 / Serie N° B336370704 (29/12/2014)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. OIP N° 112639

EXPEDIENTE N° 026 - 2015 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 12 de Enero del 2015 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA JICAMARCA PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
 HUACHIPA (Piedra chancada)
 DESCRIPCIÓN : La indicada CANTIDAD : 80 kg. aprox.

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES

MATERIAL	CONTENIDO DE CLORUROS SOLUBLES NTP 339.177 / AASHTO T 291 (ppm)	CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES NTP 339.178 / AASHTO T 290 (ppm)
Piedra chancada	139	703

OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Horno: FAEL / Serie N° S/N (29/12/2014)
 Mufla: FAEL / Serie N° S/N (29/12/2014)
 Balanza: PA214 / Serie N° B32952358 (29/12/2014)
 Balanza: SE3001F / Serie N° 7138461407 (29/12/2014)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 12 de Enero del 2015 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA JICAMARCA PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
 HUACHIPA (Piedra chancada)
 DESCRIPCIÓN : La indicada CANTIDAD : 80 kg. aprox.

NTP 339.152 / BS 1377		CONTENIDO DE SALES SOLUBLES	
MATERIAL	SALES SOLUBLES (ppm)		
Piedra chancada	1030		

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: FAEL / Serie N° S/N (29/12/2014)
 Balanza: PA214 / Serie N° B32952358 (29/12/2014)
 Plancha: FAEL / Serie N° S/N (28/12/2014)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. C/P N° 112639

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bachiller Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC-UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Enero del 2015 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 20 de Enero del 2015

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : AGUA - RED PÚBLICA (VMT) PRESENTACIÓN : 01 Envase
 CANTIDAD : 3.0 lt. Aprox

ENSAYOS DE CALIDAD PARA AGUA

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO	RESULTADO
Contenido de Sales Solubles Totales (p.p.m.)	NTP 339.071	314
Contenido de Sulfatos (p.p.m.)	NTP 339.074 / ASTM D 516	122
Contenido de Cloruros (p.p.m.)	NTP 339.076 / ASTM D 512	50
Sólidos en Suspensión (p.p.m)	ASTM D 5907	37
Determinación del Potencial de Hidrógeno (pH)	ASTM D 1293	6.5

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. OIP N° 112639



The Chemical Company

RP072-14 CSC-BASF-CC

RESUMEN DE RESULTADOS Y COMPARACION CON LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA

I Pruebas de Desempeño

Parámetro	Mezcla de concreto Patrón	Mezcla de concreto c/ aditivo	Requerimientos de ASTM C494
Contenido de agua Máximo % respecto al control	100%	82%	95%
Tiempo de fraguado (hh:mm)			
Inicial	03:42	05:03	
Final	05:27	07:00	
Diferencia vs patrón F. Inicial	01:21		Min 1:00 - Max 3:30 más
Diferencia vs patrón F. Final	01:33		Más 3:30 más

Parámetro	Mezcla de concreto Patrón	Mezcla de concreto c/ aditivo	Requerimientos de ASTM C494
Resistencia a la compresión 3 días	104	177	
Diferencia vs patrón		170%	Min 110%
Resistencia a la compresión 7 días	158	243	
Diferencia vs patrón		153%	Min 110%
Resistencia a la compresión 28 días	220	304	
Diferencia vs patrón		138%	Min 110%

BASF Construction Chemicals Perú S.A.
Jr. Plácido Jiménez 630, Lima 1- Perú
Tel. : (51-1) 2190630
Fax. : (51-1) 2190650

www.la.cc.basf.com

INFORME DE CONTROL DE CALIDAD

SOBRE CALIDAD DE CEMENTO

TIPO DE CEMENTO: **CEMENTO PORTLAND TIPO I**

REMITIDA A :

MARCA "SOL"

COMPOSICION TIPICA DEL MES: ENERO

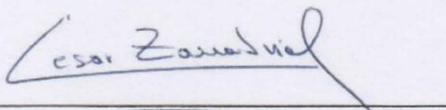
FECHA: 23/01/2015

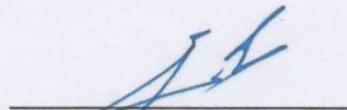
ANALISIS QUIMICO	VALORES	NTP 334.009, ASTM C-150 CEMENTO PORTLAND REQUISITOS
DIOXIDO DE SILICE (SiO ₂) %	18.59	
OXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃) %	5.90	
OXIDO DE FIERRO (Fe ₂ O ₃) %	2.88	
OXIDO DE CALCIO (CaO) %	62.12	
OXIDO DE MAGNESIO (MgO) %	2.90	6.0 max
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO ₃) %	3.23	3.5 max
OXIDO DE POTASIO (K ₂ O) %	0.94	
OXIDO DE SODIO (Na ₂ O) %	0.28	
PERDIDA POR IGNICION (P.I.) %	2.68	3.0 max
RESIDUO INSOLUBLE (%)	0.65	0.75 max
CAL LIBRE (CaO (l)) (%)	0.47	
CO ₂ (%)	1.76	
CALIZA (%)	4.9	5.0 max
CaCO ₃ en Caliza	81	70 min
Composición Fases Potenciales (%)		
C3S	52	
C2S	13	
C3A	11	
C4AF	9	
Requerimientos Químicos Opcionales		
ALCALI EQUIVALENTE	0.90	
ENSAYOS FISICOS		
RETENIDO MALLA 100 (%)	0.20	
MALLA 200 (%)	1.03	
MALLA 325 (%)	5.46	
SUPERFICIE ESPECIFICA BLAINE (m ² /kg)	330	260 min
CONTENIDO DE AIRE (%)	7.23	12 max
EXPANSION AUTOCLAVE (%)	0.10	0.80 max
DENSIDAD (g/cm ³)	3.12	
FRAGUADO VICAT INICIAL (min)	130	45 min
FRAGUADO VICAT FINAL (min)	305	375 max
RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm²)		
24 HRS	180	
3 DIAS	286	122 min
7 DIAS	331	194 min
Requisitos Físicos Opcionales		
FALSO FRAGUADO	81.13	
RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm²)		
28 DIAS	387	
CALOR DE HIDRATACION Cal/g)		
7 DIAS	75.85	
28 DIAS	82.69	
COMENTARIOS: LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS CORRESPONDE A DICIEMBRE		

Este informe muestra las CARACTERISTICAS TIPICAS DEL PROMEDIO MENSUAL DE LA PRODUCCION confirmando que este cemento cumple las especificaciones de las Normas Técnicas NTP 334.009 y ASTM C-150

Vo Bo

Vo Bo


Ing. Cesar Zanabria
Jefe de División Control de Calidad Atocongo a.i.


Ing. Juan Asmat
Gerente de Operaciones Atocongo

ANEXO N° 02

HOJAS DE CÁLCULO DE DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Bach. Luis Eduardo Gutierrez Barahona

Código mezcla

A - 0.75

Tanda de prueba

0.065

m3

1.- PARÁMETROS DE DISEÑO:

Relación agua/cemento

0.75

Slump

6 a 7

Pulg

2.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES:

Agregado	Modulo de F.	Incidencia (%)
Arena	2.83	50.0
Piedra huso 67	6.85	50.0
M.F. Global	4.84	100.0

Propiedad	Valor
Vol. Agregados	0.659 m3
Vol. Pasta	0.341 m3

3.- DOSIFICACIÓN ADITIVO:

Aditivo Rheobuild 1000

=

0.00000

%

=

0.00

cc/kg de cemento

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP (kg/m3)	HUM. (%)	ABSORC. (%)	PESO SECO (kg/m3)	VOL. (m3)	CORRECCIÓN POR HUM. Y ABS.	TANDA DE PRUEBA	
								DOSES	UNIDAD
Cemento Sol Tipo I	Unacem	3130			300	0.0958	300	19.50	kg
Agua	Red Publica VMT	1000			225	0.2250	217	14.13	L
Arena	Cantera SM Quebrada rio seco	2630	2.00	0.70	867	0.3296	884	57.47	kg
Piedra huso 67	Cantera Jicamarca	2720	0.90	1.30	896	0.3296	905	58.79	kg
Aditivo Rheobuild 1000	Basf	1210			0.00	0.0000	0	0	ml
Aire atrapado(%)					2.00	0.0200			
TOTAL (m3)						1.0000	2306		

4.- ENSAYOS:

Tara	2.468	kg
Volumen	0.007195	m ³
Tara + concreto	19.115	kg

Aire real (%)	P.U. Teorico (kg/m3)	P.U. Real (kg/m3)	Rendimiento
1.5	2306	2314	0.997

RESISTENCIAS (kg/cm2)			
Edad (días)	f'c - 6"x12"	Promedio	Dispersión
3	85	87	3.5%
	88		
7	162	167	6.0%
	172		
28	211	213	1.4%
	214		

PERDIDA DE CONSISTENCIA			
Tipo	Slump (pulg)	T. A (°C)	T. C (°C)
Normal	6 1/2	15.5	17.8
/			

OBSERVACIONES	
Segregación	No
Efervescencia	No
Muestreo:	06 probetas de 6"x12"

Elaborado por: Luis Gutierrez

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Bach. Luis Eduardo Gutierrez Barahona

Código mezcla

A - 0.65

Tanda de prueba

0.065 m³

1.- PARÁMETROS DE DISEÑO:

Relación agua/cemento	0.65	
Slump	6 a 7	Pulg

2.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES:

Agregado	Modulo de F.	Incidencia (%)
Arena	2.83	50.0
Piedra huso 67	6.85	50.0
M.F. Global	4.84	100.0

Propiedad	Valor
Vol. Agregados	0.635 m ³
Vol. Pasta	0.365 m ³

3.- DOSIFICACIÓN ADITIVO:

Aditivo Rheobuild 1000 = 0.00000 % = 0.00 cc/kg de cemento

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP (kg/m ³)	HUM. (%)	ABSORC. (%)	PESO SECO (kg/m ³)	VOL. (m ³)	CORRECCIÓN POR HUM. Y ABS.	TANDA DE PRUEBA	
								DOSES	UNIDAD
Cemento Sol Tipo I	Unacem	3130			355	0.1134	355	23.08	kg
Agua	Red Publica VMT	1000			232	0.2320	225	14.60	L
Arena	Cantera SM Quebrada rio seco	2630	2.00	0.70	834	0.3173	851	55.33	kg
Piedra huso 67	Cantera Jicamarca	2720	0.90	1.30	883	0.3173	871	56.80	kg
Aditivo Rheobuild 1000	Basf	1210			0.00	0.0000	0	0	ml
Aire atrapado(%)					2.00	0.0200			
TOTAL (m ³)						1.0000	2302		

4.- ENSAYOS:

Tara	2.488	kg
Volumen	0.007195	m ³
Tara + concreto	19.145	kg

Aire real (%)	P.U. Teórico (kg/m ³)	P.U. Real (kg/m ³)	Rendimiento
1.4	2302	2318	0.993

RESISTENCIAS (kg/cm ²)			
Edad (días)	f _c - 6"x12"	Promedio	Dispersión
3	129	130	0.8%
	130		
7	208	209	0.5%
	209		
28	268	270	1.5%
	272		

PERDIDA DE CONSISTENCIA			
Tipo	Slump (pulg)	T. A (°C)	T. C (°C)
Normal	6 1/2	15.7	18.6
/			

OBSERVACIONES	
Segregación	No
Efervescencia	No
Muestreo:	06 probetas de 6"x12"

Elaborado por: Luis Gutierrez

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Bach. Luis Eduardo Gutierrez Barahona

Código mezcla

A - 0.55

Tanda de prueba

0.065 m³

1.- PARÁMETROS DE DISEÑO:

Relación agua/cemento	0.55	
Slump	6 a 7	Pulg

2.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES:

Agregado	Modulo de F.	Incidencia (%)
Arena	2.83	50.0
Piedra huso 67	6.85	50.0
M.F. Global	4.84	100.0

Propiedad	Valor
Vol. Agregados	0.595 m ³
Vol. Pasta	0.405 m ³

3.- DOSIFICACIÓN ADITIVO:

Aditivo Rheobuild 1000 = 0.00000 % = 0.00 cc/kg de cemento

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP (kg/m ³)	HUM. (%)	ABSORC. (%)	PESO SECO (kg/m ³)	VOL. (m ³)	CORRECCIÓN POR HUM. Y ABS.	TANDA DE PRUEBA	
								DOSES	UNIDAD
Cemento Sol Tipo I	Unacem	3130			441	0.1409	441	28.67	kg
Agua	Red Publica VMT	1000			244	0.2440	237	15.41	L
Arena	Cantera SM Quebrada rio seco	2630	2.00	0.70	783	0.2976	798	51.88	kg
Piedra huso 67	Cantera Jicamarca	2720	6.90	1.30	809	0.2976	817	53.08	kg
Aditivo Rheobuild 1000	Basf	1210			0.00	0.0000	0	0	ml
Aire atrapado(%)					2.00	0.0200			
TOTAL (m ³)						1.0000	2293		

4.- ENSAYOS:

Tara	2.468	kg
Volumen	0.007195	m ³
Tara + concreto	19.215	kg

Aire real (%)	P.U. Teorico (kg/m ³)	P.U. Real (kg/m ³)	Rendimiento
1.0	2293	2328	0.985

RESISTENCIAS (kg/cm ²)			
Edad (días)	f'c - 6"x12"	Promedio	Dispersión
3	192	197	4.6%
	201		
7	266	269	2.2%
	272		
28	347	348	0.6%
	349		

PERDIDA DE CONSISTENCIA			
Tipo	Slump (pulg)	T. A (°C)	T. C (°C)
Normal	6 1/4	15.5	19.0
/			

OBSERVACIONES	
Segregación	No
Efervescencia	No
Muestreo:	06 probetas de 6"x12"

Elaborado por: Luis Gutierrez

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Bach. Luis Eduardo Gutiérrez Barahona

Código mezcla

B - 0.75

Tanda de prueba

0.065 m³

1.- PARÁMETROS DE DISEÑO:

Relación agua/cemento	0.75	
Slump	6 a 7	Pulg

2.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES:

Agregado	Modulo de F.	Incidencia (%)
Arena	2.83	50.0
Piedra huso 67	6.85	50.0
M.F. Global	4.84	100.0

Propiedad	Valor
Vol. Agregados	0.696 m ³
Vol. Pasta	0.304 m ³

3.- DOSIFICACIÓN ADITIVO:

Aditivo Rheobuild 1000 = 0.18460 % = 7.00 cc/kg de cemento

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP (kg/m ³)	HUM. (%)	ABSORC. (%)	PESO SECO (kg/m ³)	VOL. (m ³)	CORRECCIÓN POR HUM. Y ABS.	TANDA DE PRUEBA	
								DOSES	UNIDAD
Cemento Sol Tipo I	Unacem	3130			264	0.0843	264	17.16	kg
Agua	Red Publica VMT	1000			188	0.1980	190	12.34	L
Arena	Cantera SM Quebrada rio seco	2630	2.00	0.70	915	0.3479	933	60.66	kg
Piedra huso 67	Cantera Jicamarca	2720	0.90	1.30	946	0.3479	955	62.06	kg
Aditivo Rheobuild 1000	Basf	1210			2.24	0.0018	2	120	ml
Aire atrapado(%)					2.00	0.0200			
TOTAL (m ³)						1.0000	2344		

4.- ENSAYOS:

Tara	2.468	kg
Volumen	0.007195	m ³
Tara + concreto	19.220	kg

Aire real (%)	P.U. Teorico (kg/m ³)	P.U. Real (kg/m ³)	Rendimiento
2.0	2344	2328	1.007

RESISTENCIAS (kg/cm ²)			
Edad (días)	f'c - 6"x12"	Promedio	Dispersión
3	113	115	2.6%
	116		
7	162	163	1.2%
	164		
28	221	222	0.5%
	222		

PERDIDA DE CONSISTENCIA			
Tipo	Slump (pulg)	T. A (°C)	T. C (°C)
Normal	6 1/2	15.8	17.3

OBSERVACIONES	
Segregación	No
Efervescencia	No
Muestreo:	06 probetas de 6"x12"

Elaborado por: Luis Gutiérrez

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Bach. Luis Eduardo Gutierrez Barahona

Código mezcla

B - 0.65

Tanda de prueba

0.065 m³

1.- PARÁMETROS DE DISEÑO:

Relación agua/cemento	0.65	
Slump	6 a 7	Pulg

2.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES:

Agregado	Modulo de F.	Incidencia (%)
Arena	2.83	50.0
Piedra huso 67	6.85	50.0
M.F. Global	4.84	100.0

Propiedad	Valor
Vol. Agregados	0.673 m ³
Vol. Pasta	0.327 m ³

3.- DOSIFICACIÓN ADITIVO:

Aditivo Rheobuild 1000 = 0.20475 % = 6.50 cc/kg de cemento

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP (kg/m ³)	HUM. (%)	ABSORC. (%)	PESO SECO (kg/m ³)	VOL. (m ³)	CORRECCIÓN POR HUM. Y ABS.	TANDA DE PRUEBA	
								DOSES	UNIDAD
Cemento Sol Tipo I	Unacem	3130			315	0.1006	315	20.48	kg
Agua	Red Publica VMT	1000			204	0.2040	196	12.75	L
Arena	Cantera SM Quebrada río seco	2630	2.00	0.70	885	0.3367	903	58.70	kg
Piedra huso 67	Cantera Jicamarca	2720	0.90	1.30	916	0.3367	924	60.06	kg
Aditivo Rheobuild 1000	Basf	1210			2.48	0.0020	2	133	ml
Aire atrapado(%)					2.00	0.0200			
TOTAL (m ³)						1.0000	2341		

4.- ENSAYOS:

Tara	2.468	kg
Volumen	0.007195	m ³
Tara + concreto	19.275	kg

Aire real (%)	P.U. Teorico (kg/m ³)	P.U. Real (kg/m ³)	Rendimiento
1.8	2341	2336	1.002

RESISTENCIAS (kg/cm ²)			
Edad (días)	F'c - 6"x12"	Promedio	Dispersión
3	154	155	0.6%
	155		
7	208	208	0.0%
	208		
28	262	268	4.5%
	274		

PERDIDA DE CONSISTENCIA			
Tipo	Slump (pulg)	T. A (°C)	T. C (°C)
Normal	6 3/4	15.9	17.6

OBSERVACIONES	
Segregación	No
Efervescencia	No
Muestreo:	06 probetas de 6"x12"

Elaborado por: Luis Gutierrez

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Bach. Luis Eduardo Gutierrez Barahona

Código mezcla

B - 0.55

Tanda de prueba

0.065 m³

1.- PARÁMETROS DE DISEÑO:

Relación agua/cemento	0.55	
Slump	6 a 7	Pulg

2.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES:

Agregado	Modulo de F.	Incidencia (%)
Arena	2.83	50.0
Piedra huso 67	6.85	50.0
M.F. Global	4.84	100.0

Propiedad	Valor	
Vol. Agregados	0.638	m ³
Vol. Pasta	0.362	m ³

3.- DOSIFICACIÓN ADITIVO:

Aditivo Rheobuild 1000 = 0.235 % = 6.00 cc/kg de cemento

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP (kg/m ³)	HUM. (%)	ABSORC. (%)	PESO SECO (kg/m ³)	VOL. (m ³)	CORRECCIÓN POR HUM. Y ABS.	TANDA DE PRUEBA	
								DOSIS	UNIDAD
Cemento Sol Tipo I	Unacem	3130			391	0.1249	391	25.42	kg
Agua	Red Publica VMT	1000			215	0.2150	208	13.49	L
Arena	Cantera SM Quebrada rio seco	2630	2.00	0.70	839	0.3189	855	55.60	kg
Piedra huso 67	Cantera Jicamarca	2720	0.90	1.30	867	0.3189	875	56.88	kg
Aditivo Rheobuild 1000	Basf	1210			2.84	0.0023	3	152	ml
Aire atrapado(%)					2.00	0.0200			
TOTAL (m ³)						1.0000	2332		

4.- ENSAYOS:

Tara	2.468	kg
Volumen	0.007195	m ³
Tara + concreto	19.310	kg

Aire real (%)	P.U. Teorico (kg/m ³)	P.U. Real (kg/m ³)	Rendimiento
1.2	2332	2341	0.996

RESISTENCIAS (kg/cm ²)			
Edad (días)	f'c - 6"x12"	Promedio	Dispersión
3	235	236	0.8%
	237		
7	297	297	0.0%
	297		
28	339	340	0.3%
	340		

PERDIDA DE CONSISTENCIA			
Tipo	Slump (pulg)	T. A (°C)	T.C (°C)
Normal	6 3/4	16.0	17.9

OBSERVACIONES	
Segregación	No
Efervescencia	No
Muestreo:	06 probetas de 6"x12"

Elaborado por: Luis Gutierrez

ANEXO N° 03

ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE PROBETAS



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 333-2015-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Luis Eduardo Gutierrez Barahona
 DIRECCIÓN : Magdalena del Mar, Lima
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 333-2015-JBO
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 27 de enero del 2015

PROYECTO : Tesis Universitaria FIC - UNFV
 UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE ENSAYO : La indicada

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : La indicada
 DESCRIPCIÓN : Probetas cilíndricas de concreto

EQUIPO

MARCA : ELE INTERNATIONAL
 Modelo: 36-056/06 Serie: No indica
 CERT. CALIBRACIÓN : JBO Metrología S.A.C. (JLF-000390413)
 ELE INTERNATIONAL, (19-Enero-2015)

**ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 ASTM C39 / C39M - 12a**

DENOMINACIÓN	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	HORA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	PESO (kg)	CARGA DE ROTURA (kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
A - 0.75 (3)	26/01/2015	29/01/2015	11:00 AM	3	15,3	30,6	16.200	88
A - 0.75 (3)	26/01/2015	29/01/2015	11:05 AM	3	15,3	30,7	15.610	85
A - 0.65 (3)	26/01/2015	29/01/2015	2:05 PM	3	15,3	30,8	23.900	130
A - 0.65 (3)	26/01/2015	29/01/2015	2:10 PM	3	15,3	30,7	23.690	129
A - 0.55 (3)	26/01/2015	29/01/2015	3:30 PM	3	15,3	30,8	35.250	192
A - 0.55 (3)	26/01/2015	29/01/2015	3:35 PM	3	15,4	30,6	37.400	201

OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Las probetas fueron retiradas de la poza de curado 01 hora antes de su respectivo ensayo a compresión simple.

Referencia: ASTM C39 / C39M - 12 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens.

Tec.: D.A.A.
 Rev.: M.M.F.



Fecha de Emisión : Lima, 24 de febrero del 2015

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 59781



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 333-2015-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC - UNFV
 DIRECCIÓN : Magdalena del Mar, Lima UBICACIÓN : Lima
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 333-2015-JBO FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 27 de enero del 2015 FECHA DE ENSAYO : La indicada

REFERENCIAS DE LA MUESTRA **EQUIPO**
 ESTRUCTURA : La indicada MARCA : ELE INTERNATIONAL, Modelo: 36-056/06 Serie: No indica
 DESCRIPCIÓN : Probetas cilíndricas de concreto CERT. CALIBRACIÓN : JBO Metrología S.A.C. (JLF-000390413) ELE INTERNATIONAL, (19-Enero-2015)

**ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 ASTM C39 / C39M - 12a**

DENOMINACIÓN	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	HORA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	PESO (kg)	CARGA DE ROTURA (kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
A - 0.75 (7)	26/01/2015	02/02/2015	2:04 PM	7	15,3	13,5	29.760	162
A - 0.75 (7)	26/01/2015	02/02/2015	2:09 PM	7	15,2	13,4	31.610	174
A - 0.65 (7)	26/01/2015	02/02/2015	2:17 PM	7	15,2	13,4	37.700	208
A - 0.65 (7)	26/01/2015	02/02/2015	2:21 PM	7	15,2	13,4	37.990	209
A - 0.55 (7)	26/01/2015	02/02/2015	3:35 PM	7	15,1	13,3	47.560	266
A - 0.55 (7)	26/01/2015	02/02/2015	03:40 p.m	7	15,1	13,3	48.680	272

OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Las probetas fueron retiradas de la poza de curado 01 hora antes de su respectivo ensayo a compresión simple.

Referencia:

ASTM C39 / C39M - 12 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens.

Tec.: D.A.A.

Rev.: M.M.F.

Fecha de Emisión : Lima, 24 de febrero del 2015

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 59781





Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 333-2015-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Luis Eduardo Gutierrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC - UNFV
 DIRECCIÓN : Magdalena del Mar, Lima
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 333-2015-JBO UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 27 de enero del 2015 FECHA DE ENSAYO : La indicada

REFERENCIAS DE LA MUESTRA EQUIPO
 ESTRUCTURA : La indicada MARCA : ELE INTERNATIONAL, Modelo: 36-056/06 Serie: No indica
 DESCRIPCIÓN : Probetas cilíndricas de concreto CERT. CALIBRACIÓN : JBO Metrología S.A.C. (JLF-000390413) ELE INTERNATIONAL, (19-Enero-2015)

**ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 ASTM C39 / C39M - 12a**

DENOMINACIÓN	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	HORA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	PESO (kg)	CARGA DE ROTURA (kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
A - 0.75 (28)	26/01/2015	23/02/2015	11:44 AM	28	15,2	13,4	38.900	214
A - 0.75 (28)	26/01/2015	23/02/2015	11:55 AM	28	15,3	13,5	38.820	211
A - 0.65 (28)	26/01/2015	23/02/2015	12:00 PM	28	15,3	13,4	49.350	268
A - 0.65 (28)	26/01/2015	23/02/2015	12:07 PM	28	15,3	13,4	49.980	272
A - 0.55 (28)	26/01/2015	23/02/2015	12:18 PM	28	15,2	13,4	63.240	349
A - 0.55 (28)	26/01/2015	23/02/2015	12:30 PM	28	15,2	13,4	63.040	347

OBSERVACIONES :
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Las probetas fueron retiradas de la poza de curado 01 hora antes de su respectivo ensayo a compresión simple.

Referencia: ASTM C39 / C39M - 12 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens.

Tec.: D.A.A.
 Rev.: M.M.F.

Fecha de Emisión : Lima, 24 de febrero del 2015


JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 59781



El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 342-2015-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Luis Eduardo Gutiérrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC - UNFV
 DIRECCIÓN : Magdalena del Mar, Lima
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 342-2015-JBO UBICACIÓN : Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 29 de enero del 2015 FECHA DE ENSAYO : La indicada

REFERENCIAS DE LA MUESTRA EQUIPO
 ESTRUCTURA : La indicada MARCA : ELE INTERNATIONAL,
 Modelo: 36-056/06 Serie: No indica
 DESCRIPCIÓN : Probetas cilíndricas de concreto CERT. CALIBRACIÓN : JBO Metrología S.A.C. (JLF-000390413)
 ELE INTERNATIONAL, (19-Enero-2015)

**ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 ASTM C39 / C39M - 12a**

DENOMINACIÓN	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	HORA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	PESO (kg)	CARGA DE ROTURA (kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
B - 0.75 (3)	28/01/2015	31/01/2015	1:40 PM	3	15,2	13,6	20.970	116
B - 0.75 (3)	28/01/2015	31/01/2015	1:35 PM	3	15,3	13,5	20.860	113
B - 0.65 (3)	28/01/2015	31/01/2015	2:32 PM	3	15,3	13,5	28.350	154
B - 0.65 (3)	28/01/2015	31/01/2015	2:36 PM	3	15,3	13,5	28.450	155
B - 0.55 (3)	28/01/2015	31/01/2015	3:32 PM	3	15,3	13,5	43.630	237
B - 0.55 (3)	28/01/2015	31/01/2015	3:36 PM	3	15,2	13,6	42.660	235

OBSERVACIONES :
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Las probetas fueron retiradas de la poza de curado 01 hora antes de su respectivo ensayo a compresión simple.

Referencia: ASTM C39 / C39M - 12 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens.

JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 59781

Tec.: D.A.A.
 Rev.: M.M.F.



Fecha de Emisión : Lima, 27 de febrero del 2015

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 342-2015-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Luis Eduardo Gutiérrez Barahona PROYECTO : Tesis Universitaria FIC - UNFV
 DIRECCIÓN : Magdalena del Mar, Lima UBICACIÓN : Lima
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 342-2015-JBO FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 29 de enero del 2015 FECHA DE ENSAYO : La indicada

REFERENCIAS DE LA MUESTRA EQUIPO
 ESTRUCTURA : La indicada MARCA : ELE INTERNATIONAL, Modelo: 36-056/06 Serie: No indica
 DESCRIPCIÓN : Probetas cilíndricas de concreto CERT. CALIBRACIÓN : JBO Metrología S.A.C. (JLF-000390413) ELE INTERNATIONAL, (19-Enero-2015)

**ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 ASTM C39 / C39M - 12a**

DENOMINACIÓN	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	HORA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	PESO (kg)	CARGA DE ROTURA (kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
B - 0.75 (7)	28/01/2015	04/02/2015	2:35 PM	7	15,2	13,6	29.720	164
B - 0.75 (7)	28/01/2015	04/02/2015	2:38 PM	7	15,3	13,6	29.870	162
B - 0.65 (7)	28/01/2015	04/02/2015	2:45 PM	7	15,3	13,6	38.170	208
B - 0.65 (7)	28/01/2015	04/02/2015	2:48 PM	7	15,2	13,6	37.790	208
B - 0.55 (7)	28/01/2015	04/02/2015	3:47 PM	7	15,2	13,5	53.930	297
B - 0.55 (7)	28/01/2015	04/02/2015	3:51 PM	7	15,2	13,6	53.940	297

OBSERVACIONES :
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Las probetas fueron retiradas de la poza de curado 01 hora antes de su respectivo ensayo a compresión simple.

Referencia: ASTM C39 / C39M - 12 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens.

JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 59781

Tec.: D.A.A.
 Rev.: M.M.F.



Fecha de Emisión : Lima, 27 de febrero del 2015

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 342-2015-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	: Luis Eduardo Gutiérrez Barahona	PROYECTO	: Tesis Universitaria FIC - UNFV
DIRECCIÓN	: Magdalena del Mar, Lima	UBICACIÓN	: Lima
REFERENCIA	: Solicitud de Servicio N° 342-2013-JBO	FECHA DE ENSAYO	: La indicada
FECHA DE RECEPCIÓN	: Lima, 29 de enero del 2015		

REFERENCIAS DE LA MUESTRA	EQUIPO
ESTRUCTURA	: La indicada
DESCRIPCIÓN	: Probetas cilíndricas de concreto
	MARCA
	: ELE INTERNATIONAL, Modelo: 36-056/06 Serie: No indica
	CERT. CALIBRACIÓN
	: JBO Metrología S.A.C. (JLF-000390413) ELE INTERNATIONAL, (19-Enero-2015)

**ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 ASTM C39 / C39M - 12a**

DENOMINACIÓN	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	HORA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	PESO (kg)	CARGA DE ROTURA (kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
B - 0.75 (28)	28/01/2015	25/02/2015	4:00 PM	28	15,1	13,5	39.780	222
B - 0.75 (28)	28/01/2015	25/02/2015	4:02 PM	28	15,2	13,5	40.040	221
B - 0.65 (28)	28/01/2015	25/02/2015	4:08 PM	28	15,1	13,6	46.940	262
B - 0.65 (28)	28/01/2015	25/02/2015	4:10 PM	28	15,0	13,6	48.370	274
B - 0.55 (28)	28/01/2015	25/02/2015	4:12 PM	28	15,1	13,7	60.970	340
B - 0.55 (28)	28/01/2015	25/02/2015	4:14 PM	28	15,2	13,6	61.540	339

OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Las probetas fueron retiradas de la poza de curado a las 9 a.m. horas previas al ensayo de compresión simple.

Referencia: ASTM C39 / C39M - 12 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens.

Tec.: D.A.A.
 Rev.: M.M.F.

Fecha de Emisión : Lima, 27 de febrero del 2015

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 59781



ANEXO N° 04

EJEMPLOS DE CÁLCULO DE DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO SIN ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

DISEÑO A-0.75

i) Datos:

▪ Peso específico de la arena SM	: 2630 kg/m ³
▪ Absorción de la arena SM	: 0.70 %
▪ Humedad de la arena SM	: 2.00 %
▪ Peso específico de la piedra Jicamarca	: 2720 kg/m ³
▪ Absorción de la piedra Jicamarca	: 1.30 %
▪ Humedad de la piedra Jicamarca	: 0.90 %
▪ Peso específico del cemento Sol Tipo I	: 3130 kg/m ³
▪ Peso específico del agua	: 1000 kg/m ³
▪ Contenido de aire teórico	: 2.0 %
▪ Incidencia arena/piedra	: 50/50
▪ Relación agua/cemento en análisis	: 0.75
▪ Slump requerido	: 6'' a 7''

ii) Secuencia de cálculo:

▪ Contenido de agua:

En base a las pruebas preliminares se observó que para un concreto con relación agua/cemento 0.75 el agua requerida para obtener un slump de 6'' a 7'' era 225 L

▪ Contenido de cemento:

Cemento = cantidad de agua / relación agua/cemento

$$= 225 / 0.75 = 300 \text{ kg}$$

▪ Volumen de agregados:

Volumen de agregados = $1\text{m}^3 - [\text{Vol. de cemento} + \text{Vol. de aire} + \text{Vol. de agua}]$

$$= 1\text{m}^3 - \left[\frac{300}{3130} + \frac{2.0}{100} + \frac{225}{1000} \right] = 0.659 \text{ m}^3$$

Como la incidencia arena/piedra establecida fue: 50/50, se tiene:

$$\text{Volumen de arena} = 50\% \times \text{Volumen de agregados} = 50\% \times 0.659 = 0.330 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de piedra} = 50\% \times \text{Volumen de agregados} = 50\% \times 0.659 = 0.330 \text{ m}^3$$

▪ **Peso de agregados en condición seca:**

$$\begin{aligned} \text{Peso de arena} &= \text{Volumen de arena} \times \text{Peso específico de arena} \\ &= 0.330 \times 2630 = 867 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso de piedra} &= \text{Volumen de piedra} \times \text{Peso específico de piedra} \\ &= 0.330 \times 2720 = 896 \text{ kg} \end{aligned}$$

▪ **Diseño en condición seca x 01 m³ de concreto:**

- Cemento Sol tipo I : 300 kg
- Agua : 225 L
- Arena SM : 867 kg
- Piedra Jicamarca : 896 kg

▪ **Corrección por humedad y absorción:**

$$\begin{aligned} \text{Aporte de agua de arena} &= \text{Peso de la arena} \times (\text{Humedad} - \text{absorción}) \\ &= 867 \times (2.00 - 0.70) = +11.3 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aporte de agua de piedra} &= \text{Peso de la piedra} \times (\text{Humedad} - \text{absorción}) \\ &= 896 \times (0.90 - 1.30) = -3.6 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua efectiva} &= \text{Agua inicial} - \text{aporte de arena} - \text{aporte de piedra} \\ &= 225 - 11.3 + 3.6 = 217 \text{ L} \end{aligned}$$

▪ **Peso de agregados corregidos por humedad:**

$$\begin{aligned} \text{Peso de arena corregida} &= \text{Peso de arena en condición seca} \times (1 + \text{humedad de arena}) \\ &= 867 \times (1 + 2.00\%) = 884 \text{ kg} \end{aligned}$$

Peso de piedra corregida = Peso de piedra en condición seca x (1 + humedad de piedra)
= 896 x (1 + 0.90%) = 905 kg

▪ **Diseño corregido por humedad y absorción:**

Insumo	Pesos x 01 m ³	Pesos x 65 L
Cemento Sol tipo I	300 kg	19.50 kg
Agua	217 L	14.13 L
Arena SM	884 kg	57.47 kg
Piedra Jicamarca	905 kg	58.79 kg

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

DISEÑO B - 0.75

i) Datos:

▪ Peso específico de la arena SM	: 2630 kg/m ³
▪ Absorción de la arena SM	: 0.70 %
▪ Humedad de la arena SM	: 2.00 %
▪ Peso específico de la piedra Jicamarca	: 2720 kg/m ³
▪ Absorción de la piedra Jicamarca	: 1.30 %
▪ Humedad de la piedra Jicamarca	: 0.90 %
▪ Peso específico del cemento Sol Tipo I	: 3130 kg/m ³
▪ Peso específico del agua	: 1000 kg/m ³
▪ Peso específico del aditivo Rheobuild 1000	: 1210 kg/m ³
▪ Contenido de aire teórico considerado	: 2.0 %
▪ Incidencia arena/piedra	: 50/50
▪ Relación agua/cemento en análisis	: 0.75
▪ Slump requerido	: 6'' a 7''

ii) Secuencia de cálculo:

▪ Contenido de agua:

El contenido de agua para los concretos con aditivo se estableció en 204 L

▪ Contenido de cemento:

Cemento = Agua / relación agua/cemento

$$= 204 / 0.75 = 272 \text{ kg}$$

▪ Contenido de aditivo:

La hoja técnica del aditivo superplastificante Rheobuild 1000, señala que la dosis típica está en el rango de 6.5 a 16 cc/kg de cemento.

Sin embargo la dosis requerida para obtener un concreto de slump 6'' a 7'' fue 6.0 cc

Es decir $6.0 \text{ cc/kg de cemento} \times 272 \text{ kg de cemento} = 1632 \text{ cc} = 1.63 \text{ L}$

En peso se tiene $1.63 \text{ L} \times 1.210 \text{ kg/L} = 1.97 \text{ kg}$

▪ **Volumen de agregados:**

Volumen de agregados = $1 \text{ m}^3 - [\text{Vol. de cemento} + \text{Vol. de aire} + \text{Vol. de agua} + \text{Vol. de aditivo}]$

$$= 1 \text{ m}^3 - \left[\frac{272}{3130} + \frac{2.0}{100} + \frac{204}{1000} + \frac{1.63}{1210} \right] = 0.688 \text{ m}^3$$

Como la incidencia arena/piedra establecida fue: 50/50, se tiene:

Volumen de arena = $50\% \times \text{Volumen de agregados} = 50\% \times 0.688 = 0.344 \text{ m}^3$

Volumen de piedra = $50\% \times \text{Volumen de agregados} = 50\% \times 0.688 = 0.344 \text{ m}^3$

▪ **Peso de agregados en condición seca:**

Peso de arena = Volumen de arena x Peso específico de arena

$$= 0.344 \times 2630 = 904 \text{ kg}$$

Peso de piedra = Volumen de piedra x Peso específico de piedra

$$= 0.344 \times 2720 = 935 \text{ kg}$$

▪ **Diseño en condición seca x 01 m^3 de concreto:**

- Cemento Sol tipo I : 272 kg
- Agua : 204 L
- Arena SM : 904 kg
- Piedra Jicamarca : 935 kg
- Aditivo Rheobuild 1000 : 1.97 kg ó 1.63L

▪ **Corrección por humedad y absorción:**

Aporte de agua de arena = Peso de la arena x (Humedad - absorción)

$$= 904 \times (2.00 - 0.70) = 11.8 \text{ L}$$

Aporte de agua de piedra = Peso de la piedra x (Humedad - absorción)
 = 935 x (0.90 - 1.30) = - 3.7 L

Agua efectiva = Agua inicial – aporte de arena - aporte de piedra
 = 204 – 11.8 + 3.7 = 196 L

▪ **Peso de agregados corregidos por humedad:**

Peso de arena corregida = Peso de arena en condición seca x (1 + humedad de arena)
 = 904 x (1 + 2.00%) = 922 kg

Peso de piedra corregida = Peso de piedra en condición seca x (1 + humedad de piedra)
 = 935 x (1 + 0.90%) = 943 kg

▪ **Diseño corregido por humedad y absorción:**

Insumo	Pesos x 01 m ³	Pesos x 65 L
Cemento Sol tipo I	272 kg	17.68 kg
Agua	196 L	12.74 L
Arena SM	922 kg	59.94 kg
Piedra Jicamarca	943 kg	61.32 kg
Aditivo Rheobuild 1000	1.63 L	106 mL