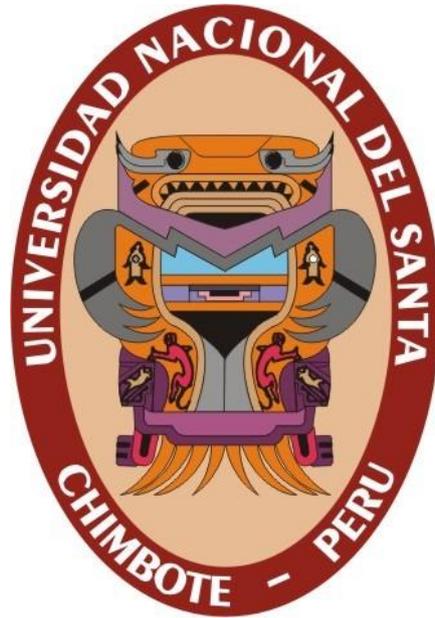


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA DE POSTGRADO

DOCTORADO EN INGENIERÍA CIVIL



**Diseño óptimo para obtener Concreto de Alta Resistencia para Obras
Civiles en Zonas Alto Andinas del Perú**

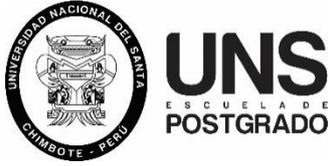
Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Civil

Presentado por:

Ing. Mag. Jorge Emiliano Bedón López

Chimbote - Perú

2017



CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS DOCTORAL

Yo, **Fidel Gregorio Aparicio Roque**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis Doctoral titulada: Diseño óptimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Perú, elaborada por el magister Jorge Emiliano Bedon López para obtener el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Civil en la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, Junio del 2017.

.....
Dr. Fidel Gregorio Aparicio Roque

ASESOR



HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

DISEÑO ÓPTIMO PARA OBTENER CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PARA
OBRAS CIVILES EN ZONAS ALTO ANDINAS DEL PERU.

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN INGENIERA CIVIL.

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

.....
Dr. Hernán Martín Alvarado Quintana
PRESIDENTE

.....
Dr. Luis Alberto Rubio Jacobo
Roque

SECRETARIO

.....
Dr. Fidel Gregorio Aparicio

VOCAL

DEDICATORIA

A mi esposa e hijos, quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional en todos los proyectos y metas que he emprendido en la vida.

AGRADECIMIENTOS

A cada uno de los docentes de la Escuela de Postgrado, Programa Doctoral en Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Santa, por los conocimientos compartidos y por su contribución al proceso enseñanza – aprendizaje desarrollado a lo largo del proceso de formación académica doctoral.

Al Dr. Aparicio Roque Fidel Gregorio, por su apoyo como asesor de la presente investigación.

A los Ingenieros Arias Enriquez Fernando Miguel, Reynaldo Melquiades Reyes Roque y Carlos Barzola Gastelu, por coadyuvar la ejecución de la presente investigación, tanto en los ensayos de laboratorio como en el trabajo de campo.

A todos aquellos que de manera directa o indirecta contribuyeron a que tanto la planificación, como la ejecución de la presente investigación, pudiera ser culminada con éxito.

Ing. Mag. Jorge Emiliano Bedón López

ÍNDICE

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE CUADROS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Realidad Problemática	3
1.2. Estado del Arte del Tema de Investigación	6
1.3. Caracterización y Naturaleza del Objeto de Investigación	10
1.4. Formulación del Problema	12
1.5. Formulación de las Hipótesis	12
1.5.1. Hipótesis general	12
1.5.2. Hipótesis específicas	12
1.6. Formulación de los Objetivos de la Investigación	13
1.6.1. Objetivo general	13
1.6.2. Objetivos específicos	13
1.7. Importancia y Justificación de la Investigación	13
1.7.1. Importancia de la investigación	13
1.7.2. Justificación de la investigación	14

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Fundamentos Filosóficos y Teóricos de la Investigación	15
2.1.1. Fundamentos filosóficos de la investigación	15
2.1.2. Fundamentos teóricos de la investigación	18
2.1.2.1. Obras Civiles	18
2.1.2.1.1. Tipología	19
2.1.2.1.2. Importancia	20
2.1.2.1.3. Obras civiles y obras públicas	22
2.1.2.1.4. Obras civiles y desarrollo	24
2.1.2.2. Estructuración de obras civiles	24
2.1.2.3. Concretos	26
2.1.2.3.1. Tipos de concreto	28
2.1.2.3.2. Composición	29
2.1.2.3.3. Concreto de alta resistencia	31
2.1.2.4. Diseño del concreto de alta resistencia	33
2.1.2.4.1. Consideraciones básicas para el diseño	33
2.1.2.4.2. Materiales para el diseño	34
2.1.2.4.2.1. Agregados	34
2.1.2.4.2.2. Cemento	36
2.1.2.4.2.3. El agua	37
2.1.2.4.2.4. Aditivos	37
2.1.2.4.2.5. Superplastificantes	38
2.1.2.5. Propiedades de las estructuras de concreto de alta resistencia	38
2.1.2.5.1. Propiedades del concreto fresco	39
2.1.2.5.2. Propiedades del concreto endurecido	40
2.2. Marco Conceptual	40
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	45
3.1. Métodos Empleados en la Investigación	45
3.2. Metodología para la Prueba de Hipótesis	45
3.3. Técnicas e Instrumentos Empleados	47
3.4. Procedimiento de la Recolección de Datos	50
CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	52
4.1. Consideraciones Generales para el Diseño	52

4.2.	Ensayos de Laboratorio	53
4.2.1.	Agregados	53
4.2.1.1.	Peso unitario de los agregados	53
4.2.1.2.	Peso específico de los agregados	55
4.2.1.3.	Absorción en los agregados	55
4.2.1.4.	Contenido de humedad en los agregados	56
4.2.1.5.	Granulometría de los agregados	56
4.2.1.6.	Módulo de finura de los agregados	61
4.2.1.7.	Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados	61
4.2.2.	Aditivo superplastificante	62
4.2.2.1.	Efectos físicos	62
4.2.2.2.	Características y propiedades del aditivo usado	62
4.2.3.	Microsílice	63
4.2.3.1.	Descripción	63
4.2.3.2.	Características y propiedades del microsíllice usado	63
4.2.4.	Cemento	65
4.3.	Preparación del Concreto	65
4.3.1.	Diseño del concreto patrón	65
4.3.2.	Peso unitario compactado de la combinación de los agregados	66
4.3.3.	Diseño del concreto con aditivo	67
4.3.4.	Diseño del concreto con aditivo más microsíllice	67
4.4.	Propiedades del Concreto en Estado Endurecido	68
4.4.1.	Resistencia a la compresión	68
4.4.2.	Valores de la resistencia a la compresión	68
4.5.	Interpretación de Resultados	68
4.5.1.	Ensayos preliminares de laboratorio	68
4.5.2.	Análisis de los agregados	69
4.5.3.	Diseño del concreto patrón	69
4.5.4.	Diseño del concreto con aditivo superplastificante	70
4.5.5.	Diseño del concreto más microsíllice con aditivo superplastificante	73
4.6.	Discusión de Resultados	76
4.6.1.	Factibilidad del uso del concreto de alta resistencia	76
4.6.2.	Obtención de concretos con resistencias mayores a 280 kg/cm ²	77
4.6.3.	Comportamiento estructural del concreto diseñado	77

4.6.4.	Dosificación para lograr el concreto de alta resistencia óptimo	82
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS		83
5.1.	Conclusiones	83
5.2.	Sugerencias	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		86
ANEXOS		90
Anexo 1.	Determinación de la Desviación Estándar de la Muestra	90
Anexo 2.	Datos Técnicos del Concreto Profesional de Alta Resistencia	91
Anexo 3.	Galería de Imágenes	92
Anexo 4.	EUCO 37: Reductor de Agua de Alto Rango – Superplastificante	110
Anexo 5.	EUCON MSA: Aditivo de Microsílice	113
Anexo 6.	Ubicación y Descripción General de la Provincia de Huaraz	115
Anexo 7.	Desarrollo Inmobiliario en la Ciudad de Huaraz	116
Anexo 8.	Ensayos para el diseño de concreto de alta resistencia	117

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1.	Dosificación de una mezcla de concreto (Resistencia 250 kg/cm ²)	30
Tabla 2.2.	Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas	35
Tabla 2.3.	Composición de los cementos	36
Tabla 3.1.	Variables independientes manipuladas en la investigación	45
Tabla 4.1.	Límites granulométricos para el agregado fino	57
Tabla 4.2.	Limites granulométricos para el agregado grueso huso 57	59
Tabla 4.3.	Dosificación del concreto por m ³	66
Tabla 4.4.	Dosificación del concreto más aditivo por m ³	67
Tabla 4.5.	Dosificación del concreto más aditivo y microsílíce por m ³	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1.	Demanda potencial y efectiva de viviendas en la ciudad de Huaraz	4
Gráfico 3.1.	Relación entre las variables de investigación	46
Gráfico 4.1.	Curva granulométrica del agregado fino	58
Gráfico 4.2.	Curva granulométrica del agregado grueso huso 57	60
Gráfico 4.3.	Peso unitario compactado de la combinación de los agregados	66
Gráfico 4.4.	Variación de la Resistencia a la compresión del concreto patrón	70
Gráfico 4.5.	Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo al 1.2%	71
Gráfico 4.6.	Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo al 1.5%	72
Gráfico 4.7.	Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo al 1.8%	72
Gráfico 4.8.	Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo al 2%	73
Gráfico 4.9.	Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsíllice al 10%	74
Gráfico 4.10.	Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsíllice al 11%.	75
Gráfico 4.11.	Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsíllice al 12%	75
Gráfico 4.12.	Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsíllice al 15%	76
Gráfico 4.13.	Variación de la Resistencia a la Compresión del concreto por periodo de tiempo	81

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1.	Los gobiernos regionales cuyas capitales se encuentran ubicadas en la serranía peruana y su caracterización como zona altoandina	5
Cuadro 2.1.	Resistencia promedio a la compresión requerida en los concretos	28
Cuadro 2.2.	Usos del Concreto de Alta Resistencia	32
Cuadro 2.3.	Ventajas del Concreto de Alta Resistencia	32
Cuadro 4.1.	Determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado fino	54
Cuadro 4.2.	Determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	54
Cuadro 4.3.	Determinación del peso específico del agregado fino y agregado grueso	55
Cuadro 4.4.	Determinación de la absorción del agregado fino y agregado grueso	56
Cuadro 4.5.	Determinación del contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso	56
Cuadro 4.6.	Granulometría del agregado fino usado	57
Cuadro 4.7.	Granulometría del agregado grueso usado	59
Cuadro 4.8.	Resumen de las propiedades de los agregados	61
Cuadro 4.9.	Determinación del coeficiente de desgaste de Los Ángeles	61
Cuadro 4.10.	Características físicas del Cemento Portland Tipo I – Sol	65
Cuadro 4.11.	Valores del peso unitario compactado de la combinación de los agregados	66
Cuadro 4.12.	Valores de resistencia a la compresión según su edad	68
Cuadro 4.13.	Resistencia de a la compresión del concreto patrón	70
Cuadro 4.14.	Resistencia de a la compresión del concreto con aditivo al 1.2%	71
Cuadro 4.15.	Resistencia de a la compresión del concreto con aditivo al 1.5%	71
Cuadro 4.16.	Resistencia de a la compresión del concreto con aditivo al 1.8%	72
Cuadro 4.17.	Resistencia de a la compresión del concreto con aditivo al 2%	73
Cuadro 4.18.	Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsílíce al 10%	74
Cuadro 4.19.	Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsílíce al 11%	74
Cuadro 4.20.	Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsílíce al 12%	75

Cuadro 4.21.	Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsílíce al 15%	76
Cuadro 4.22.	Apreciación del comportamiento estructural del concreto diseñado (Concreto Patrón Vs Concreto más Aditivo)	78
Cuadro 4.23.	Apreciación del comportamiento estructural del concreto diseñado (Concreto Patrón Vs Concreto + Aditivo + Microsílíce)	79
Cuadro 4.24.	Apreciación del comportamiento estructural del concreto diseñado (Concreto + Aditivo Vs Concreto + Aditivo + Microsílíce)	80

RESUMEN

En la presente investigación se abordó un problema relacionado con la necesidad que existe por determinar la dosificación adecuada de los concretos de alta resistencia para lograr el comportamiento estructural deseado en zonas altoandinas del Perú, esto, como respuesta al creciente desarrollo de proyectos inmobiliarios (Comerciales y habitacionales) que se vienen desarrollando, principalmente, en las ciudades capitales de departamento; para tal efecto, se tomó como caso referencial a la ciudad de Huaraz, capital del departamento de Ancash. En el contexto descrito, y teniendo como objetivo diseñar un tipo de Concreto de Alta Resistencia que se ajuste a los requerimientos de las Obras Civiles en las zonas altoandinas del Perú; se logró demostrar que es factible usar concretos de alta resistencia en el desarrollo de obras civiles de la ciudad de Huaraz con agregados provenientes de las zonas aledañas.

El informe de investigación se estructuró siguiendo el esquema de desarrollo que se detalla a continuación:

En la primera parte se recoge aspectos relacionados con la formulación del problema, los objetivos, las hipótesis, etc. (Ver: «Capítulo I: Introducción»).

En la segunda parte se presenta las bases filosófica, teórica y conceptual. Las bases teóricas se agruparon en los siguientes ejes teóricos: Obras civiles, estructuración de obras civiles, los concretos, diseño del concreto de alta resistencia y propiedades de las estructuras de concreto de alta resistencia. (Ver: «Capítulo II. Marco Teórico»).

En la tercera parte se recoge aspectos relacionados con la metodología empleada en los siguientes términos: Métodos empleados en la investigación, metodología para la prueba de hipótesis, las técnicas e instrumentos empleados y el procedimiento de la recolección de datos (Ver: «Capítulo III. Metodología»).

En la cuarta y última parte final, se reporta el trabajo de campo realizado en términos del proceso de la información, el análisis de datos y la interpretación de resultados (Ver: «Capítulo IV. Desarrollo del Análisis e Interpretación»).

El informe de investigación se complementa con las conclusiones, recomendaciones, anexos y bibliografía consultada; así también se presenta otros apartados de forma que resultan siendo de común aparición en los informes de investigación.

ABSTRACT

In the present investigation related a problem addressed with the need to ensure that high-strength concrete can be used in high Andean cities of Peru, in response to the increasing development of real estate projects (commercial and residential) that are being developed, mainly, in the capital cities of department; to this end, it took as a reference to the city of Huaraz, capital of Ancash's department. In the context described, and with the objective design a kind of High Strength Concrete that fits to the requirements of the Civil Works in the highlands of Peru; it was possible to demonstrate that it is feasible to use high-strength in the development of civil Works of the city of Huaraz with aggregates from surrounding areas.

The research report was structured following the development scheme detailed below:

The first part is collected aspects related to the formulation of the problem, objectives, assumptions, etc. (See: "Chapter I: Introduction").

The second part presents the philosophical, theoretical and conceptual bases. The theoretical bases were grouped into the following theoretical axes: civil works, structuring of civil works, concrete, design and high-strength concrete properties of the structures of high-strength concrete. (See: "Chapter II Theoretical Framework.").

In the third part is collected aspects related to the methodology used in the following terms: Methods used in research methodology for hypothesis testing, techniques and instruments used and the method of data collection (See: "Chapter III methodology used.").

In the fourth and final end part, It is reported fieldwork, made in terms of information processing, data analysis and interpretation of results (See: "Chapter IV Development Analysis and Interpretation.").

The research report is supplemented with the conclusions, recommendations, annexes and bibliography; and also it presented other sections so that these resulting being common occurrence in research reports.

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática.

En la actualidad peruana el desarrollo inmobiliario no es prerrogativa solo de Lima Metropolitana, sino que este se ha extendido a las principales ciudades del país, las capitales departamentales principalmente. En ese aspecto, un análisis de la actual proliferación de supermercados o del denominado «Boom de centros comerciales en el Perú», a febrero de 2010 daba cuenta que el crecimiento de estos conglomerados, ya no solo se concentraba en la capital, sino que se había extendido hacia algunas ciudades del interior del país; al respecto se señalaba:

En la actualidad [Inicios de 2010] existen 17 centros comerciales en proyectos, mientras otros cinco están en construcción. El notable aumento de las inversiones que se orientaron a casi todos los sectores económicos, sobre todo al de construcción; la presencia de importantes centros comerciales ha sido uno de los principales factores promotores del crecimiento tanto en Lima como en provincias. (Juárez, 2010, p.56).

Por otro lado, con respecto al crecimiento de edificaciones para viviendas en las principales ciudades del interior del país, se tiene que estas vienen experimentando un crecimiento en cuanto a unidades de viviendas basadas en la concepción de desarrollo horizontal y el aumento en la oferta de departamentos para viviendas basado en la concepción de desarrollo vertical; en efecto, en cuanto a la demanda por vivienda nueva en la ciudad de Huancayo a 2009, se tenía que dicha demanda potencial ascendía a un total de 25 502 viviendas y que la demanda efectiva total era de 15 583 unidades; es decir: “la demanda potencial constituye el 35% del total de hogares de la ciudad. En el caso de la demanda efectiva, ésta representa el 22% del total de hogares y el 61% de la demanda potencial. (Fondo MIVIVIENDA, 2009a, p.34).

Un estudio similar al citado en el párrafo anterior, en el caso de la ciudad de Huaraz, presenta los resultados obtenidos para los hogares que no poseen una vivienda (HNP) expresado a través del volumen de la demanda potencial de la ciudad, comprendida por todos los hogares que no poseen una vivienda; la demanda efectiva definida como la población que tiene la intención real de comprar una vivienda y piensa

hacerlo en un periodo no mayor de dos años; y, el nivel socio económico al que pertenecen (NSE); en los siguientes términos: “En términos globales, la demanda potencial constituye el 36% del total de hogares de la ciudad. En el caso de la demanda efectiva, ésta representa el 19% del total de hogares y el 51% de la demanda potencial” (Fondo MIVIVIENDA, 2009b, p.34). En la figura que prosigue se presenta los detalles de lo expresado.

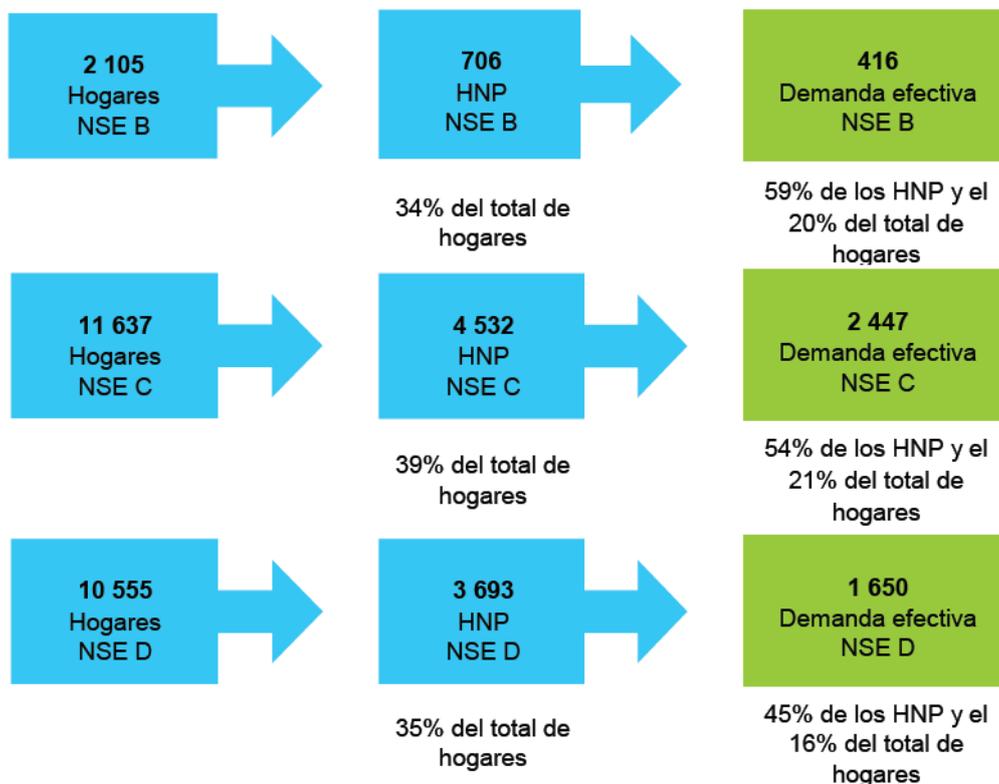


Gráfico 1.1. Demanda potencial y efectiva de viviendas en la ciudad de Huaraz.

Fuente: Estudio de mercado de la vivienda social en la ciudad de Huaraz; p.34.

De lo esbozado en los párrafos precedentes, se infiere que en las principales ciudades del país se viene experimentando un crecimiento en el desarrollo de proyectos inmobiliarios; en efecto, la construcción de supermercados y edificaciones de torres para vivienda familiar son dos de los productos inmobiliarios que con mayor incidencia se vienen desarrollando en dichas ciudades; en ese contexto, la difusión del uso de concreto de alta resistencia para dichas obras civiles de gran proyección, que por sus características requiere de elementos estructurales que soporten altas demandas de carga, y, resulten siendo los más adecuados como solución eficiente, económica y durable ante cualquier exigencia estructural (flexión y compresión); resulta siendo una propuesta que exigirá un estudio exhaustivo al respecto.

Por otro lado, en el artículo 2 de la «Ley de Promoción para el Desarrollo de Actividades Productivas en Zonas Altoandinas», se define como zonas altoandinas a las zonas geográficas ubicadas en la serranía peruana a partir de los 2 500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Asimismo, los gobiernos regionales del Perú, en su mayoría se estructuraron sobre la base de lo que políticamente se conoce como departamentos; aunque la asignación territorial para las regiones no existe como tal existiendo solo la implementación del control político, administrativo, social y económico circunscritas a dichas unidades territoriales departamentales. En el cuadro que prosigue se presenta datos relacionados con las capitales regionales y su relación con la denominada zona altoandina del Perú.

Cuadro 1.1. Los gobiernos regionales cuyas capitales se encuentran ubicadas en la serranía peruana y su caracterización como zona altoandina.

Nº	Gobierno Regional	Capital	Altitud (m.s.n.m.)	¿Se ubica en zona altoandina?
1	Amazonas.	Chachapoyas	2 334	NO
2	Ancash.	Huaraz	3 091	SI
3	Apurímac.	Apurímac	2 378	NO
4	Arequipa.	Arequipa	2 335	NO
5	Ayacucho.	Ayacucho	2 746	SI
6	Cajamarca.	Cajamarca	2 750	SI
7	Cusco.	Cusco	3 399	SI
8	Huancavelica.	Huancavelica	3 676	SI
9	Huánuco.	Huánuco	1 894	NO
10	Junín.	Huancayo	3 249	SI
11	Moquegua.	Moquegua	1 410	NO
12	Pasco.	Carro de Pasco	4 338	SI
13	Puno.	Puno	3 827	SI

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, es destacar que en el Perú no se han desarrollado estudios específicos de desarrollo de Concreto de Alta Resistencia para zonas altoandinas. La mayoría de estudios realizados con respecto a Concreto de Alta Resistencia en el Perú se desarrollaron en el ámbito de Lima Metropolitana, y consecuentemente, recurrieron a la utilización de los agregados provenientes de las zonas circunvecinas a la costa. Entre dichas investigaciones destacan: «Investigación del Concreto de Alta Resistencia:

Metodología de obtención y determinación de las propiedades de los concretos de 550-1220 kg/cm²» desarrollada por Morales (2000), «Obtención del Concreto de Alta Resistencia» desarrollada por Vilca (2008) y la investigación titulada «Concreto de Alta Resistencia usando Aditivo Superplastificante, Microsílice y Nanosílice con Cemento Portland Tipo I» desarrollada por Huincho (2011).

La diferenciación entre el desarrollo de Concreto de Alta Resistencia en zonas bajas (costa) y zonas altas (zonas altoandinas), responden a las propiedades que caracterizan a los agregados disponibles en las canteras. Los agregados extraídos de las canteras de las zonas costeras del Perú, están conformada por rocas ígneas, es decir, por rocas que se crean a partir del enfriamiento y la solidificación del magma; en efecto, las canteras de la costa se desarrollan por excavación del suelo o cerros, siendo común que las canteras estén alejadas de los ríos. Por su parte, los agregados extraídos de las canteras de las zonas altoandinas del Perú, están conformada por rocas sedimentarias, esto quiere decir que las rocas se forman por acumulación de sedimentos, los cuales son partículas de diversos tamaños que son transportadas por el agua, principalmente, dando lugar a materiales consolidados; en efecto, los agregados provenientes de las canteras de las zonas altoandinas, principalmente se obtienen por extracción de agregados del cauce de los ríos.

1.2. Estado del Arte del Tema de Investigación.

Se define al concreto como la mezcla constituida por cemento, agregados, agua y eventualmente aditivos, en proporciones adecuadas para obtener las propiedades prefijadas. En el Reglamento Nacional de Edificaciones con respecto al concreto se señala: El material que en nuestro medio es conocido como «Concreto», es definido como «Hormigón» según las Normas del Comité Panamericano de Normas Técnicas (COPANT), adoptadas por el ITINTEC. En un ámbito o marco de tipificación para las variedades de concreto existentes en el mercado, el cual contempla tanto a los denominados concretos convencionales como a los concretos no convencionales; se define el concreto de alta resistencia como:

[...] un tipo de concreto (hormigón) de alto desempeño, que comúnmente tiene una resistencia a la compresión especificada de 6000 psi (40 MPa) o más. La resistencia a la compresión se mide en cilindros de prueba de 6" X 12" (150 X 300 mm) o de 4" X 8" (100 X 200 mm), a los 56 o 90 días por lo general, o alguna otra edad especificada dependiendo su aplicación. La producción de concreto de alta resistencia requiere de un mayor estudio

así como un control de calidad más exigente en comparación con el concreto convencional. (National Ready Mixed Concrete Association, 2011, p. 67.).

En el Perú existen varias marcas y tipos de cemento, los cuales dependiendo de su composición química, producen diferentes reacciones con los aditivos y por ende con los reductores de agua; produciendo efectos favorables o desfavorables al endurecimiento inicial del concreto, de acuerdo con la aplicación que se le quiera dar; luego, la mezcla constituida por cemento, agregados, agua y aditivos, puede ser ensayada de tal manera que variando cualquiera de los elementos presentes en la mezcla, se puedan obtener diversos tipos de concreto para propósitos específicos, solicitudes puntuales, y, en función de la disponibilidad de los elementos requeridos para la mezcla; por ejemplo, la disponibilidad de agregados en una determinada zona.

Una investigación relacionada con lo esbozado en el párrafo precedente se presenta en la tesis titulada «Concreto de Alta Resistencia usando Aditivo Superplastificante, Microsílice y Nanosílice con Cemento Portland Tipo I», en dicha investigación que tuvo como objetivos: Determinar cualitativamente y cuantitativamente la mejora que produce en la resistencia a la compresión, el uso de micro sílice y nano sílice en el concreto; determinar la dosificación adecuada de microsílice y nanosílice para obtener concretos de alta resistencia; y, analizar y comparar los costos de concretos elaborados con microsílice y nanosílice; entre otras, se llegó a las siguientes conclusiones:

- [Se obtuvo] un concreto de alta resistencia a la compresión, con un valor de 1423 kg/cm^2 a la edad de los 90 días y que además tiene la propiedad de ser un concreto autocompactado.
- La dosis óptima de microsílice encontrada es de 10% con la cual se obtiene la máxima resistencia a la compresión de 1420 kg/cm^2 , para el caso de la nanosílice es 1% (968 kg/cm^2) y para el caso de la combinación de microsílice y nanosílice es de 5% de microsílice más 0.5% de nanosílice (1065 kg/cm^2).
- Los concretos con adiciones de microsílice (10, 15, 20%) reportan resistencias a la compresión superiores a los concretos con adición de nanosílice (1.0, 1.5 y 2.0%), sin embargo la adición de nanosílice incrementa también la resistencia a la compresión del concreto pero no en la misma magnitud que la microsílice, su ventaja es su estado líquido y también su uso en bajas dosis (menor al 1%).
- La nanosílice mejora las características tanto en estado fresco como endurecido del concreto en comparación al patrón [...].
- Todos los materiales usados como los agregados, cemento, aditivos y agua son convencionales, es decir se encuentran en la zona [...]. (Huincho, 2011, p. 53).

La obtención del concreto de alta resistencia es un proceso orientado a lograr que el concreto se caracterice por: tener una mayor resistencia que el concreto reforzado ordinario, soportar fuerzas más altas, permitir la reducción de las dimensiones de la sección de los elementos estructurales, tener un módulo de elasticidad más alto que el concreto convencional, de tal manera que se reduzca cualquier pérdida de la fuerza pretensora debido al acortamiento elástico del concreto, y, las pérdidas por flujo plástico, etc.

Vilca (2008), en la investigación titulada «Obtención del Concreto de alta resistencia», la cual tuvo como propósito el desarrollo de una tecnología apropiada para obtener concretos de altas resistencia, haciendo uso de superplastificantes y adiciones de microsílíce, entre otras, se llega a las siguientes conclusiones:

- El concreto con aditivo superplastificante con dosificación de 1.5% (del peso del cemento) reduce la cantidad de agua en 28%.
- El peso unitario del concreto en estado fresco aumenta en 6% en el concreto con aditivo y aumenta en 10% en el concreto con aditivo más microsílíce.
- El contenido de aire en el ensayo del concreto en estado fresco disminuyó en 34% en el concreto con aditivo y también disminuyó en 77% en el concreto con aditivo más microsílíce.
- La resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto con aditivo, a los 90 días de edad se incrementa en 12%, y en el concreto con aditivo más microsílíce se incrementa en 73%.
- La resistencia a la flexión en el concreto aumenta en 66% a los 90 días en el concreto con aditivo y aumenta en 120% a los 90 días en el concreto con aditivo más microsílíce.
- La resistencia a la compresión del concreto se incrementa conforme aumenta su edad.
 - * Concreto patrón a los 28 días = 100% (638.09 kg/cm^2).
 - * Concreto patrón más aditivo (1.2%) a los 90 días = 127% (812.12 kg/cm^2).
 - * Concreto patrón más aditivo (1.5%) más microsílíce (15%) a los 180 días = 219% (1400.5 kg/cm^2).

- La alta resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido, se debe a una buena dosificación y al uso de un aditivo superplastificante más la microflice.

En cuanto a las investigaciones sobre los concretos de alta resistencia efectuadas en el ámbito internacional, los estudios previos realizados por investigadores de distintas partes del mundo, publicados en revistas científicas:

[...] no presentan una información completa sobre aspectos importantes tales como: El superplastificante utilizado, el tipo y calidad del agregado grueso y fino, tamaño nominal del agregado grueso, módulo de finura del agregado fino, etcétera, para con ello tratar de establecer una relación con los materiales existentes en [una determinada zona], y así poder utilizarlos, y plantear un proyecto de dosificación que fuera apropiado. (Carpio, 2008, p. 154).

Por otro lado, aplicaciones específicas acerca del uso de concreto de alta resistencia en situaciones puntuales dan cuenta de las prestaciones que ofrece el concreto de alta resistencia en el diseño de edificaciones de gran envergadura; por ejemplo, Gómez (2011) en la investigación titulada «Diseño Estructural de Edificios Altos Tipo Torre empleando Concreto de Alta Resistencia» se concluye que el uso de concretos de alta resistencia debe hacerse en aquellas estructuras que, según sus diseñadores, deban cumplir rigurosamente especificaciones tales como:

- Deflexión máximas permitida.
- Vibraciones por nivel.
- Minimizar las deformaciones debidas a cargas accidentales.
- Librar grandes claros.
- Aprovechar al máximo los espacios interiores.
- En edificios altos es recomendable usarlos a partir de aquellos que superan los 20 niveles.
- Cuando se desea que solo unos pocos elementos de la estructura absorban toda la carga de esta, esto es cuando se tiene un núcleo de concreto reforzado o columnas perimetrales.

En síntesis, el concreto de alta resistencia es un tipo de hormigón que ofrece prestaciones específicas para las solicitaciones a las que se desea someter una determinada estructura; luego, el concreto de alta resistencia es necesario:

- A. Para colocar el concreto en servicio a una edad mucho menor, por ejemplo dar tráfico a pavimentos a 3 días de su colocación.
- B. Para construir edificios altos reduciendo la sección de las columnas e incrementando el espacio disponible.
- C. Para construir superestructuras de puentes de mucha luz y para mejorar la durabilidad de sus elementos.
- D. Para satisfacer necesidades específicas de ciertas aplicaciones especiales como por ejemplo durabilidad, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión. Entre algunas de dichas aplicaciones se cuentan presas, cubiertas de graderías, cimentaciones marinas, parqueaderos, y pisos industriales de tráfico pesado (Cabe señalar que el concreto de alta resistencia no es garantía por sí mismo de durabilidad). (National Ready Mixed Concrete Association, 2011, p. 67.).

Ahora bien, dado que el concreto de alta resistencia responde a solicitudes específicas de obras civiles de gran envergadura, en la presente investigación se toma como problema objeto de estudio al «Diseño de Concretos de Alta Resistencia para Obras Civiles en Zonas Alto Andinas del Perú», el cual está sustentado en la siguiente premisa:

Un óptimo diseño de concreto resulta de la selección de los materiales disponibles en la localidad, que permitan que el concreto en estado plástico sea de fácil colocación y acabado, y que aseguren el desarrollo de la resistencia y demás propiedades del concreto endurecido que especifique el diseñador. (National Ready Mixed Concrete Association, 2011, p. 67).

1.3. Caracterización y Naturaleza del Objeto de Investigación.

La mayoría de ciudades capitales de departamentales o ciudades sede de los gobiernos regionales existentes en el Perú, se localizan en zonas altoandinas; en efecto, de acuerdo a los datos presentados en Cuadro 1.1., se tiene que el 61,5% de las ciudades sede de los gobiernos regionales o ciudades capitales departamentales, se ubican por encima de los 2 500 m.s.n.m.

En la actualidad peruana, producto del crecimiento económico sostenido que viene experimentado el país desde inicios del presente milenio, se viene realizando dentro de las principales ciudades peruanas, una creciente inversión privada y pública en el desarrollo de proyectos inmobiliarios del tipo habitacional y comercial. Entre dichas ciudades, las capitales de los departamentos se han convertido en los destinos favoritos para el desarrollo de los proyectos inmobiliarios debido a la alta concentración poblacional que predomina en estas; en ese sentido y teniendo en cuenta la naturaleza urbana de las ciudades capitales, es de destacar que:

En forma general, los Proyectos Inmobiliarios (PI) son propuestas de construcción de infraestructura destinadas a servir como soporte para el desarrollo de las actividades económicas de las personas (por ejemplo: oleoductos, canales, hangares, fabricas, edificio de oficinas, puertos, aeropuertos, terminales fluviales, terminales terrestres, estaciones de tren, etc.); o como, soporte para la vida en sociedad y esparcimiento (por ejemplo: veredas, edificio de viviendas, parques, acuarios, miradores, zoológicos, etc.).

[...] Los Proyectos Inmobiliarios Habitacionales (PIH) son propuestas de construcción de infraestructura destinada a servir como viviendas. Los Proyectos Inmobiliarios Habitacionales pueden ser de dos tipos: de desarrollo horizontal y de desarrollo vertical.

[...] Los Proyectos Inmobiliarios Comerciales (PIC) son propuestas de construcción de infraestructura destinada al comercio de productos eléctricos, electrónicos, manufacturados y transformados; así como productos alimenticios y de uso exclusivo para el hogar. (Olivera, 2016, pp.43-44).

Tomando como preceptos lo descrito en los párrafos anteriores, el problema objeto de estudio de la presente investigación se sustentó en el hecho que en la ciudad de Huaraz hay una marcada tendencia hacia el uso de concreto reforzado ordinario o concreto convencional, prescindiendo muchas veces del uso del concreto de alta resistencia en los proyectos inmobiliarios habitacionales (edificaciones para vivienda) y en los proyectos inmobiliarios comerciales (edificaciones para centros comerciales); en ese contexto, dicho problema objeto de estudio es aquel que relaciona los agregados, el aditivo y el microsílíce en el diseño de un Concreto de Alta Resistencia para las obras civiles de las zonas altoandinas del Perú. Por otro lado, la naturaleza del problema tiene que ver con la falta de dotación de resistencia a las construcciones inmobiliarias. Asimismo, las unidades de análisis o fuentes de información empírica de la presente investigación, fueron los siguientes:

- Los materiales y agregados a usarse en el diseño del Concreto de Alta Resistencia, los cuales son: Agregado fino, agregado grueso y cemento.
- El porcentaje de aditivo aplicado al concreto de alta resistencia diseñado cuyos ensayos fueron al 1.2%, 1.5%, 1.8% y 2%.
- La dosificación del concreto de alta resistencia ya con el aditivo aplicado (al 1.2%, 1.5%, 1.8% y 2%), según las siguientes proporciones: 10% de microsílíce, 11% de microsílíce, 12% de microsílíce y 15% de microsílíce.

1.4. Formulación del Problema.

Dado que la mayoría de ciudades capitales de los gobiernos regionales tienen su sede en la zona altoandina; es decir, el 61,5% de dichas ciudades se ubican por encima de los 2 500 m.s.n.m.; y que, en la actualidad en dichas ciudades se vienen desarrollando proyectos inmobiliarios usando concreto convencional; el problema de investigación se formula en los términos siguientes:

¿Qué características deben tener los Concretos de Alta Resistencia para Obras Civiles en Zonas Alto Andinas del Perú?

Para dar respuesta a la pregunta anterior, utilizaremos como caso experimental el diseño de concretos de alta resistencia con agregados provenientes de las zonas aledañas a la ciudad de Huaraz; luego, el problema de investigación encontrará su solución a través de la sistematización de las siguientes interrogantes específicas:

- PE₁:** ¿Cuál es la dosificación adecuada de los concretos de alta resistencia para lograr el comportamiento estructural deseado para zonas altoandinas?
- PE₂:** ¿Cuál es la factibilidad de usar concretos de alta resistencia en la ciudad de Huaraz?
- PE₃:** ¿De qué manera usando agregados de las zonas aledañas a la ciudad de Huaraz, se puede obtener concretos con resistencias mayores a 280 kg/cm²?
- PE₄:** ¿Qué comportamiento estructural tendrá el concreto de alta resistencia diseñado?

1.5. Formulación de las Hipótesis.

1.5.1. Hipótesis general.

Usando agregados propios de la zona, es factible el diseño de un tipo de Concreto de Alta Resistencia que se ajuste a los requerimientos de las Obras Civiles en las Zonas Alto Andinas del Perú.

1.5.2. Hipótesis específicas.

HE₁: Existe una dosificación adecuada para lograr el comportamiento estructural deseado usando concretos de alta resistencia para las zonas altoandinas del Perú.

HE₂: El uso de concreto de alta resistencia es factible en las obras civiles desarrolladas en la ciudad de Huaraz.

HE₃: Usando agregados de las zonas aledañas a la ciudad de Huaraz es posible obtener concretos con resistencias mayores a 280 kg/cm².

HE₄: El concreto de alta resistencia diseñado ofrece mejor comportamiento estructural que los concretos convencionales usados en las obras civiles desarrolladas en la ciudad de Huaraz.

1.6. Formulación de los Objetivos de la Investigación.

1.6.1. Objetivo general.

Diseñar un tipo de Concreto de Alta Resistencia que se ajuste a los requerimientos de las Obras Civiles en las Zonas Altoandinas del Perú.

1.6.2. Objetivos específicos.

OE₁: Determinar la dosificación adecuada de los concretos de alta resistencia para lograr el comportamiento estructural deseado en las zonas altoandinas del Perú.

OE₂: Demostrar la factibilidad de usar concretos de alta resistencia en el desarrollo de obras civiles de la ciudad de Huaraz.

OE₃: Obtener concretos con resistencias mayores a 280 kg/cm², usando agregados de las zonas aledañas a la ciudad de Huaraz.

OE₄: Determinar el comportamiento estructural del concreto de alta resistencia diseñado.

1.7. Importancia y Justificación de la Investigación.

1.7.1. Importancia de la investigación.

La importancia de la presente investigación se desprende del hecho de que en esta se diseñó concretos de alta resistencia para obras civiles desarrolladas en zonas ejes de

desarrollo, principalmente en las ciudades capitales de departamento ubicadas en Zonas Alto Andinas del Perú; para tal efecto se usó agregados de la misma zona para obtener resistencias mayores a 280 kg/cm^2 , se hizo uso de los recursos institucionales de las instituciones de investigación establecidos en la zona, laboratorios de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo - Ancash, y, se lanzó propuestas de dosificaciones para el uso de concretos de alta resistencia que brinden mejores prestaciones a las solicitudes estructurales propias de las obras civiles desarrolladas a alturas por encima de los 2500 m.s.n.m., es decir, en zonas alto andinas.

1.7.2. Justificación de la investigación.

Desde el punto de vista práctico, la presente investigación encuentra su justificación práctica en el hecho de que en ella se expone las ventajas y bondades del concreto de alta resistencia para el diseño de elementos estructurales en el caso específico de la ciudad de Huaraz, y su posterior inferencia hacia las ciudades alto andinas del Perú.

Desde el punto de vista teórico, la presente investigación permitió enriquecer el corpus teórico relacionado con el uso específico y por zonas geográficas, del concreto de alta resistencia, asimismo se dio a conocer a la comunidad intelectual sobre resultados relevantes sobre el tema objeto de estudio, los mismos que servirán como fuente de información y antecedentes para la realización de otras investigaciones relacionadas el uso de concreto de alta resistencia.

Desde el punto de vista metodológico, la presente investigación se justifica ya que servirá a futuros investigadores como fuente de información y antecedente para la realización de otras investigaciones relacionadas con el diseño, mejora y uso del concreto de alta resistencia con fines específicos y circunscritas a zonas geográficas; además, si algún investigador quiere sistematizar un método de investigación para el diseño de concreto de alta resistencia, la estructura usada en el presente proyecto de investigación, y, el esquema a usarse en la ejecución del mismo, constituirán un buen referente.

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentos Filosóficos y Teóricos de la Investigación.

2.1.1. Fundamentos filosóficos de la investigación

En el marco de las obras de ingeniería civil, se concibe al terreno como el área geográfica, generalmente delimitada en base a consenso y acuerdos asumidos por los pobladores de la unidad de gestión política – administra que la contiene; y, bajo la posesión de una determinada persona natural o jurídica. El terreno constituye la base para el desarrollo de las obras civiles y de los procesos de estructuración, es decir, es el lugar donde se materializan la concepción inicial de los planificadores y estructuradores. Los tipos de terrenos pueden ser: eriazos, natural, rústico y urbano; y, las obras civiles adquieren características específicas de acuerdo al terreno en el cual se desarrolla la obra; por ejemplo, si nos circunscribiéramos al área urbana, las características del terreno permiten su definición, como la:

Unidad inmobiliaria constituida por una superficie de terreno habilitado para uso urbano y que cuenta con accesibilidad, sistema de abastecimiento de agua, sistema de desagüe, abastecimiento de energía eléctrica y redes de iluminación pública y que ha sido sometida a un proceso administrativo para adquirir esta condición. Puede o no contar con pistas y veredas. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006, p. 14).

La estructura puede entenderse como un sistema de elementos, piezas, componentes y partes prefabricadas, que, enlazadas, ensambladas o articuladas entre sí, persiguen un objetivo común, el constituir una realidad inmobiliaria sólida que refleja las aspiraciones de los constructores, la necesidad que busca suplir y los requerimientos de los demandantes o usuarios finales de la misma. En el marco de la estructuración de obras de ingeniería civil, se concibe la estructura como la disposición y orden de las partes dentro de un todo. La estructuración conlleva un ensamblaje de elementos que mantienen su forma y su unidad; y, se realiza con el fin de resistir cargas resultantes propias y ajenas, las ajenas como resultante de su uso y las propias como resultante de su propio peso, además de eso, se estructura para darle forma a la obra civil; en ese respecto, constituyen ejemplos de estructuras los puentes, los edificios, los estadios, las presas, los centros comerciales, las pistas, etc.

Una estructura puede concebirse como un conjunto de partes o componentes que combinan en forma ordenada para cumplir una función dada. Ésta puede ser: salvar un claro, como en los puentes; encerrar un espacio, como sucede en los distintos tipos de edificios, o contener un empuje, como en los muros de contención, tanques o silos. La estructura debe cumplir la función a que está destinada con un grado de seguridad razonable y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones normales de servicio. Además, deben satisfacerse otros tales como mantener el costo dentro de límites económicos y satisfacer determinadas exigencias estéticas. (González, 2003, p. 11).

La estructuración es el proceso de armar estructuras, basado en la determinación de elementos constitutivos, diseño de componentes necesarios y selección de piezas necesarias que respondan eficientemente no solo a solicitudes de uso, sino a solicitudes del entorno; en efecto:

La estructuración consiste en seleccionar el "esqueleto" o el arreglo de elementos estructurales más apropiado para resistir las fuerzas sísmicas. Debe tener una resistencia y rigidez alta a carga lateral y debe evitar llevar la estructura a un colapso con tipo de falta frágil. (Rochel, 2001, p.35).

La estructuración de obras civiles sigue paradigmas de desarrollo vertical u horizontal; pero, independientemente de dichos paradigmas de desarrollo, la estructuración encuentra su carácter o razón de ser, en el conjunto de actividades orientadas a prever aspectos preliminares al desarrollo constructivo de tal manera que exista una coordinación adecuada entre el proyecto y la ejecución de la misma; por ejemplo:

Estructurar un edificio significa tomar decisiones en conjunto con los otros profesionales que intervienen en la obra (Arquitecto, Ingenieros de Instalaciones, etc.) acerca de la disposición y características que deben tener los diferentes elementos estructurales, de manera que el edificio tenga un buen comportamiento durante su vida útil; esto es, que tanto las cargas permanentes (peso propio, acabados, etc.) como las eventuales (sobrecarga, sismo, viento, etc.), se transmitan adecuadamente hasta el suelo de cimentación. (San Bartolomé, 1998, p. 225).

La concepción del concreto responde a cubrir necesidades propias de la estructuración de las obras civiles; luego, el concreto de alta resistencia responde, principalmente, a la disponibilidad de espacio (dependiendo de las condiciones de terreno), las solicitudes de la estructura (dependiendo del tipo de desarrollo, vertical u horizontal) y la resistencia (máxima carga, generalmente expresada a través del esfuerzo de corte en la base debido a la combinación de cargas verticales y horizontales).

Los conceptos fundamentales que gobiernan el comportamiento de las estructuras de concreto de alta resistencia ante solicitaciones de cualquier naturaleza; y, a partir de la comprensión de la respuesta estructural es posible fijar criterios de diseño y análisis, y contemplar los siguientes aspectos:

Economía. Objetivo que busca colocar los elementos estructurales estrictamente indispensables; por ejemplo, se sabe que las placas son los mejores elementos sismo resistentes, sin embargo, no deben emplearse en gran cantidad porque son costosas. Por otro lado, si en un edificio de mediana altura (hasta de 5 pisos) abundasen los tabiques de albañilería, será conveniente convertirlos en muros estructurales.

Para que una construcción sea realizable no basta que sean solamente funcionales y seguras, sino también deben tener un costo razonable. En la medida que el proyecto de arquitectura pueda ser resuelto a través de una estructura simple, limpia y también agradable a la vista, y que además permita que los conflictos antes mencionados ni pongan en peligro la estabilidad del edificio ni provoquen daños ante sucesivos movimientos sísmicos, la solución estructural será más predecible y por ende con mayor factor de seguridad y menores costos asociados. (Llopiz, 2009, p. 7).

Estética. Objetivo que busca que en lo posible debe respetarse las formas y la arquitectura de la obra civil.

Funcionabilidad. Objetivo que busca asegurar que la estructura no reste el carácter funcional al que los ambientes están destinados. Por ejemplo, si un edificio tiene cocheras en su parte baja, los elementos estructurales verticales no deben estorbar el paso de los vehículos.

Solamente mediante una estructura puede extenderse el espacio, de forma que se pueda desarrollar en él la vida del individuo, la familia o la sociedad; por medio de la estructura puede controlarse el espacio para que sea posible vivir a salvo, moverse y trabajar; y también por medio de la estructura este espacio puede enriquecerse y ser dotado de escala y de calidad estética. La estructura es pues algo instrumental e integral para el espacio arquitectónico”. Por técnica se refiere a cualquier estructura que produce y preserva una forma. (Llopiz, 2009, p. 3).

Seguridad. La seguridad constituye un objetivo importante en la estructuración de obras civiles a tal punto que sobre los tres objetivos anteriores (Economía, estética y funcionabilidad) el que debe primar es el de seguridad, esto a fin de que por ejemplo, el edificio; sea capaz de soportar todo tipo de solicitación, sin que se produzca de ninguna manera el colapso.

Se podría aducir con respecto a este requisito que dado cualquier proyecto arquitectónico, siempre y cuando se satisfagan las condiciones de estabilidad, de rigidez, resistencia, se apliquen los reglamentos pertinentes, se trabaje con los coeficientes de seguridad adecuados y se ejecute la obra en forma adecuada, debería resultar una construcción con riesgo cero o de muy baja probabilidad de falla. (Llopiz, 2009, p. 4).

Finalmente, es de hacer notar lo señalado por Jaramillo (2014), quien destaca que la filosofía de la ingeniería está todavía lejos de constituir una disciplina madura, sin embargo, tampoco puede decirse que sea una disciplina incipiente; en ese respecto, y no obstante el hecho de que la filosofía de la ingeniería continúe siendo subsidiaria de la filosofía de la tecnología en temas tales como la filosofía del diseño o la ontología de los artefactos; la filosofía del concreto se debería cimentar en constructos propios referidos al terreno, la estructura y la filosofía de la ingeniería de la estructuración de proyectos inmobiliarios.

2.1.2. Fundamentos teóricos de la investigación.

2.1.2.1 Obras civiles.

Desde una perspectiva general, se denomina obra a toda cosa hecha o producida por el hombre; en efecto, en un espectro amplio, una obra puede hacer alusión tanto a un producto material como a un producto intelectual; pero, en un marco ingenieril, el concepto de obra se utiliza para nombrar al proceso de construcción de una infraestructura. Cuando el desarrollo de los procesos constructivos conducentes a lograr una infraestructura requerida por una población humana no militar, aparece la noción de obra civil; luego, el uso del término civil procede de la ingeniería civil, que recibe dicha denominación para diferenciarse de la ingeniería militar.

Las obras civiles son todas aquellas construcciones o infraestructuras inmobiliarias desarrolladas como respuesta a las exigencias para la convivencia en sociedad, la sobrevivencia humana o por exigencias de las diversas actividades económicas, productivas y de servicios que realizan las personas. Las obras civiles son desarrolladas para satisfacer las necesidades vitales y necesarias para la supervivencia en sociedad basada en la protección del entorno social y las condiciones climáticas; pero, también existen obras civiles orientadas a la satisfacción de necesidades suntuosas o caprichos de la sociedad.

2.1.2.1.1. Tipología.

Dado que las obras civiles responden a las necesidades derivadas de las actividades productivas, de servicios y esparcimiento; una tipificación de las obras civiles teniendo como parámetro de deslinde las actividades de los sectores productivos; en ese contexto, las obras civiles pueden ser:

Obras civiles para el sector primario: El sector primario está formado por las actividades económicas relacionadas con la transformación de los recursos naturales en productos primarios no elaborados; luego, las obras civiles en este sector están relacionados con la dotación de infraestructura para la realización de actividades tales como: agricultura, minería, ganadería y acuicultura.

Obras civiles para el sector secundario: El sector secundario o transformador está formado por las actividades económicas relacionadas con la transformación de la materia prima; luego, las obras civiles en este sector están relacionados con la dotación de infraestructura para la realización de la actividad artesanal e industrial manufacturera, y, comprende la infraestructura destinada a la industria de bienes de producción y la industria de bienes de consumo.

Obras civiles para el sector terciario o de servicios: El sector servicios está formado por las actividades económicas o no, dedicadas sobre todo, a ofrecer servicios básicos, de recreación y esparcimiento a la sociedad en general, a los grupos de personas y a las empresas; luego las obras civiles en este sector están relacionados con la dotación de infraestructura para cubrir una amplia demanda de infraestructura, entre las cuales destacan: infraestructura para viviendas (casas, edificios, condominios, etc.), infraestructura educativa (escuelas, colegios, institutos, universidades, etc.), infraestructura para las vías de comunicación (terrestre, aérea, marítima, fluvial, lacustre y férrea), infraestructura para los medios de comunicación (radio, televisión, etc.), infraestructura para los sistemas de agua y alcantarillado, infraestructura eléctrica (generación, transmisión y distribución), infraestructura para la recreación (hoteles, piscinas, restaurantes, estadios, etc.), infraestructura para los centros comerciales, infraestructura para el esparcimiento (parques, jardines, zoológicos, acuarios, etc.) y demás obras civiles asociadas al sector terciario.

Teniendo como elemento clasificador el destino de las infraestructuras inmobiliarias, se puede establecer una clasificación de las obras de infraestructura de

ingeniería civil; en ese sentido, de la clasificación propuesta por Linares (2013), se puede inferir la siguiente tipificación para las obras civiles:

Obras civiles para vías terrestres de comunicación: Carreteras (tanto autopistas como carreteras federales), vías férreas con sus puentes y túneles; aeropuertos con sus pistas, calles de rodaje, plataformas de aviación comercial y de aviación general, hangares, zonas de combustible, terminales de pasajeros, torres de control y sus instalaciones eléctricas y electrónicas para la seguridad de operaciones de los aviones; y, finalmente, helipuertos (de rescate emergencia para uso industrial y público).

Obras civiles hidráulica: Presas de almacenamiento, hidroeléctricas y derivadores, en las cuales se capta agua para generar energía eléctrica, o para abastecer a la población y se distribuye en áreas de cultivo, en especial a distritos de riego.

Obras civiles sanitarias: Sistemas de conducción y almacenamiento de agua potable (tanques superficiales y tanques elevados), plantas potabilizadoras y de tratamiento de aguas residuales, sistemas de alcantarillado (drenaje profundo de la ciudades), drenajes industriales y pluviales, así como rellenos sanitarios (control de la basura).

Obras civiles portuarias: Puertos marítimos y pluviales, con sus obras de protección (rompeolas, escolleras, y espigones), muelles, terminales de diversa índole: industriales, pesqueras, agrícolas, turísticas (para la atención de yates), de pasajeros (cruceiros) y de comercio.

Obras civiles en edificaciones: Conjuntos habitacionales, edificios de condominios, oficinas, usos múltiples para negocios, plazas, centros comerciales y recreativos, cines, teatros, centros culturales, auditorios, estadios deportivos, centrales de abasto, parques industriales y otras edificaciones con diversos tipos de servicios.

2.1.2.1.2. Importancia.

Las obras civiles son importantes y necesarios para el desarrollo de los sectores productivos de un país; y, constituyen un factor de gran importancia para el desarrollo urbano debido al crecimiento de la población; luego, obras civiles no son solamente casas y edificios, sino también son puentes, carreteras, túneles, puertos, aeropuertos, vías férreas, etc. Desde una perspectiva económica, las obras civiles son importantes ya que constituye el activo físico de fácil valoración económica; en efecto:

Las construcciones de obras civiles son importantes en la vida económica de un país, el buen funcionamiento de estas obras depende en gran medida de la forma en que fueron construidas y adaptadas a las condiciones del terreno, de tal manera que para fines de cálculo se tienda a considerar a los suelos como parte integrante de las estructuras. (Castrillo, 2006, p. 1).

Dado que las obras civiles son importantes en la vida económica de un país, si se desea detallar en forma puntual la importancia de las obras civiles, se tiene que para una mayor especificación, la importancia de las obras civiles responde al tipo de tipificación asumido. Teniendo en cuenta que una de las formas más usuales de tipificar las obras civiles es de acuerdo al sector productivo y económico al que se circunscribe la obra; es decir, teniendo en cuenta las necesidades derivadas de las actividades productivas, de servicios y esparcimiento de la población; la importancia de las obras civiles se especifican de acuerdo al sector productivo referencial.

Importancia de las obras civiles para el sector primario. El sector primario está formado por las actividades económicas relacionadas con la transformación de los recursos naturales en productos primarios no elaborados; luego, las obras civiles en este sector están relacionados con la dotación de infraestructura para la realización de actividades tales como: agricultura, minería, ganadería y acuicultura. En el contexto acabado de citar, se tiene que la importancia de las obras civiles para el sector primario está relacionada con la capacidad que tienen dichas obras civiles para coadyuvar la eficiencia en el desarrollo de las actividades primarias y permitir contar con la infraestructura necesaria para la explotación de los recursos naturales; luego, las obras civiles circunscritas al sector primario de las actividades económicas y productivas son importantes porque: Permite contar con canales y reservorios de agua para la agricultura; permite contar con presas, embalses, canales, diques y lagunas artificiales de agua para la generación de energía eléctrica; y, permite contar con carreteras de accesos y túneles hacia las unidades mineras; permite contar con espacios destinados para la crianza de animales destinados al consumo humano; por ejemplo, granjas, establos, criaderos; etc.

Importancia de las obras civiles para el sector secundario. El sector secundario o transformador está formado por las actividades económicas relacionadas con la transformación de la materia prima; luego, las obras civiles en este sector están relacionados con la dotación de infraestructura para la realización de la actividad artesanal e industrial manufacturera, y, comprende la infraestructura destinada a la industria de bienes de producción y la industria de bienes de consumo. En el contexto acabado de

citar, se tiene que la importancia de las obras civiles para el sector secundario está relacionada con la capacidad que estas tienen dichas obras para coadyuvar la eficiencia en el desarrollo de las actividades secundarias, las cuales están relacionadas con la transformación de los recursos naturales; luego, en este sector económico y productivo, las obras civiles son importantes porque: Permite contar con la infraestructura necesaria para transformar los recursos minerales metálicos y no metálicos; permite contar con la infraestructura necesaria para el aprovechamiento de los recursos hídricos; y, permite contar la infraestructura necesaria para la transformación de los diversos recursos naturales y productos primarios no elaborados en productos con propósitos específicos.

Importancia de las obras civiles para el sector terciario o de servicios. El sector servicios está formado por las actividades económicas o no, dedicadas sobre todo, a ofrecer servicios básicos, de recreación y esparcimiento a la sociedad en general, a los grupos de personas y a las empresas. En el contexto acabado de presentar, se tiene que la importancia de las obras civiles en el sector de servicios está relacionada con la capacidad que estas tienen para coadyuvar el desarrollo en sociedad; luego, las obras civiles en este sector, son importantes porque: Permite contar con una amplia dotación de infraestructura para cubrir la demanda de infraestructura para viviendas (casas, edificios, condominios, etc.); permite contar con infraestructura educativa (escuelas, colegios, institutos, universidades, etc.); permite contar con infraestructura para el desarrollo de actividades gubernamentales, legislativas, judiciales y diplomáticas (casa de gobierno, concejo, cortes, ministerios, embajadas, comisarias, cárceles, etc.); permite contar con infraestructura para las vías de comunicación (terrestre, aérea, marítima, fluvial, lacustre y férrea); permite contar con infraestructura para los medios de comunicación (radio, televisión, prensa escrita, etc.); permite contar con infraestructura para los sistemas de agua y alcantarillado, infraestructura eléctrica (generación, transmisión y distribución); permite contar con infraestructura para la recreación (hoteles, piscinas, restaurantes, estadios, coliseos, paraninfos, glorietas, teatros, cines, etc.); permite contar con infraestructura para los centros comerciales y centros de abasto; y, permite contar con infraestructura para el esparcimiento (parques, jardines, zoológicos, acuarios, etc.).

2.1.2.1.3. Obras civiles y obras públicas.

La denominación de obra civil se da en contraposición a las obras militares, es decir, denota y remarca su carácter de desarrollo no institucionalizado ni parametrado; es

decir, obra para los ciudadanos en general. Lo civil, es un adjetivo que hace referencia a lo que pertenece a los ciudadanos o la ciudad, pudiendo ser dentro de un ámbito de intereses privados o públicos. Desde una perspectiva técnica, se define a la obra civil, como la aplicación de nociones de la física, la química, la geología y el cálculo; para la creación de construcciones relacionadas con el transporte, la hidráulica, y, todo tipo de construcción en el orden público o privado.

Por otro lado, se llama obra pública a todo trabajo de construcción, reconstrucción, remodelación, demolición y habilitación de bienes inmuebles tales como edificaciones, estructuras, excavaciones, perforaciones, carreteras, puentes, entre otros que requieren dirección técnica, expediente técnico, mano de obra, materiales y/o equipos; que se financian total o parcialmente con fondos públicos y para satisfacer las necesidades de la población.

[...], se entiende por obra pública todos los trabajos que tengan por objeto construir, instalar, conservar, ampliar, adecuar, mantener, reparar, remodelar, modificar y demoler bienes inmuebles con cargo a recursos estatales o municipales o que por su naturaleza o por disposición de ley estén destinados a un servicio público, o al uso común.

[...], también se entenderá por obra pública aquella en que se utilice presupuesto público, quedando comprendidos los proyectos integrales o llave en mano, en los cuales el contratista se obliga desde el diseño de la obra hasta su total terminación, incluyéndose cuando se requiera la transferencia de tecnología. (Ramírez, 2006, p.22).

Las obras civiles tienden a contribuir a la organización, transformación y aprovechamiento del territorio, independientemente de la gestión propulsora de las mismas o de la procedencia del presupuesto para su ejecución; pero, cuando el trabajo constructivo tiene como objeto “la creación, construcción, conservación o modificación de los bienes inmuebles o de capital del gobierno” (Ramírez, 2006, p.22), entonces estamos frente a una obra pública. La diferencia entre obra civil y pública se establece en términos del carácter público que reviste a esta última; en efecto, serán obras públicas todas aquellas que sean de uso y aprovechamiento general, y, cuyas construcciones están destinadas a servicios que se hallen a cargo de los gobiernos.

En el ámbito peruano, las obras publicas pueden ser de orden nacional, regional o local; en ese respecto: pertenecen al primer grupo, las carreteras nacionales (Panamericana en la costa, Central en la sierra y Marginal en la selva), los puertos, los grandes canales de riego, infraestructura educativa deportiva y de salud, etc.; al segundo

grupo pertenecen, las carreteras intrarregionales (que unen provincias de la misma región), y, toda obra de orden regional; y, a los últimos, las carreteras vecinales, los caminos, infraestructura para los servicios de agua y alcantarillado, etc.

2.1.2.1.4. Obras civiles y desarrollo.

El desarrollo nacional, regional y local está íntimamente ligados con la disponibilidad de la infraestructura necesaria para la realización de actividades productivas y de servicios. El desarrollo de la infraestructura es de vital importancia para el desarrollo a tal punto que: “Mejorar la infraestructura de los países en desarrollo se considera cada vez más importante para reducir la pobreza, aumentar el crecimiento y lograr los Objetivos de Desarrollo del Milenio” (Banco Mundial, 2004).

Habitualmente, los procesos de crecimiento económico se encuentran acompañados por importantes transformaciones y objetivos de modernización de la sociedad que llevan consigo un protagonismo esencial de la actividad constructora. Su destino final se orienta hacia la modificación e incremento de las infraestructuras disponibles a través del desarrollo de nuevas técnicas que permitan la obtención de sistemas de organización que hagan más cómoda y funcional la forma social de vida. (Taltavull, 1996, p. 22).

Asimismo, las estimaciones realizadas a finales de los noventa por Taltavull (1996), sobre el impacto de las obras de infraestructura en la reducción de la pobreza mostraron que este tipo de inversión reduce la pobreza en 2,1% en los países de bajos ingresos y en 1,4% en los de ingresos medios. La provisión de obras de infraestructura también tiene importantes vinculaciones con el crecimiento económico. La inversión en obras civiles es particularmente importante para el crecimiento durante las primeras etapas de desarrollo de un país, cuando la infraestructura es escasa y no se cuenta con redes básicas completas. Por otro lado, la falta de inversión en obras de infraestructura reduce el crecimiento. Las obras de infraestructura son un elemento fundamental de un entorno propicio para las inversiones y la falta de ellas suele considerarse como uno de los principales obstáculos para la participación activa de parte del sector privado.

2.1.2.2. Estructuración de obras civiles.

En el marco de las obras de ingeniería civil, se concibe al terreno como el área geográfica, generalmente delimitada en base a consenso y acuerdos asumidos por los pobladores de la unidad de gestión política – administra que la contiene; y, bajo la

posesión de una determinada persona natural o jurídica. El terreno constituye la base para el desarrollo de las obras civiles y de los procesos de estructuración, es decir, es el lugar donde se materializan la concepción inicial de los planificadores y estructuradores. Los tipos de terrenos pueden ser: eriazos, natural, rústico y urbano; y, las obras civiles adquieren características específicas de acuerdo al terreno en el cual se desarrolla la obra; por ejemplo, si nos circunscribiéramos al área urbana, las características del terreno permiten su definición, como la:

Unidad inmobiliaria constituida por una superficie de terreno habilitado para uso urbano y que cuenta con accesibilidad, sistema de abastecimiento de agua, sistema de desagüe, abastecimiento de energía eléctrica y redes de iluminación pública y que ha sido sometida a un proceso administrativo para adquirir esta condición. Puede o no contar con pistas y veredas. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006, p. 14).

En el marco de la estructuración de obras de ingeniería civil, se concibe la estructura como la disposición y orden de las partes dentro de un todo, para este caso; es decir, la estructura puede entenderse como un sistema de elementos, piezas, componentes y partes prefabricadas, que, enlazadas, ensambladas o articuladas entre sí, persiguen un objetivo común, el constituir una realidad inmobiliaria sólida que refleja las aspiraciones de los constructores, la necesidad que busca suplir y los requerimientos de los demandantes o usuarios finales de la misma.

Una estructura puede concebirse como un conjunto de partes o componentes que combinan en forma ordenada para cumplir una función dada. Ésta puede ser: salvar un claro, como en los puentes; encerrar un espacio, como sucede en los distintos tipos de edificios, o contener un empuje, como en los muros de contención, tanques o silos. La estructura debe cumplir la función a que está destinada con un grado de seguridad razonable y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones normales de servicio. Además, deben satisfacerse otros tales como mantener el costo dentro de límites económicos y satisfacer determinadas exigencias estéticas. (Gonzales, 2003, p. 11).

La estructuración de obras civiles sigue paradigmas de desarrollos vertical u horizontal; pero, independientemente de dichos paradigmas de desarrollo, la estructuración encuentra su *ethos*, es decir su carácter, costumbre o conducta; en el conjunto de actividades orientadas a prever aspectos preliminares al desarrollo constructivo de tal manera que exista una coordinación adecuada entre el proyecto y la ejecución de la misma; por ejemplo:

Estructurar un edificio significa tomar decisiones en conjunto con los otros profesionales que intervienen en la obra (Arquitecto, Ingenieros de Instalaciones, etc.) acerca de la disposición y características que deben tener los diferentes elementos estructurales, de manera que el edificio tenga un buen comportamiento durante su vida útil; esto es, que tanto las cargas permanentes (peso propio, acabados, etc.) como las eventuales (sobrecarga, sismo, viento, etc.), se transmitan adecuadamente hasta el suelo de cimentación. (San Bartolomé, 1998, p. 225).

2.1.2.3. Concretos.

El concepto de concreto derivado del vocablo inglés *concrete* consiste en un producto que se obtiene de la mezcla de piedras cemento, arena y agua. Debido a su capacidad de resistir grandes esfuerzos de compresión, el concreto constituye el material de uso más frecuente en la construcción; pero, dado que no se desempeña bien ante otros tipos de esfuerzos, como la flexión o la tracción; el concreto suele utilizarse en conjunto con el acero, en un compuesto que recibe el nombre de hormigón armado.

El concreto tiene una estructura altamente heterogénea y compleja, por lo que resulta muy difícil predecir con exactitud y seguridad su comportamiento futuro, conociendo que esta estructura no se mantiene estable, debido a que la pasta de cemento y la zona de transición evolucionan con el tiempo, la humedad y la temperatura que le rodean. Los procesos que pueden generar una durabilidad insuficiente son diversos y complejos y están en dependencia, tanto de la concepción de los elementos estructurales, realizada durante el proyecto, de la calidad de los materiales componentes y de otros factores ya mencionados. (O'reilly, 2010, p. 43).

El concreto como mezcla de diversos materiales adquiere diversas propiedades y formas deseadas; en efecto, el concreto endurecido es un material semejante a la piedra en cuanto a dureza se refiere, pero con la ventaja que al endurecerse adopta variadas formas y dimensiones pre establecidas. El Reglamento Nacional de Edificaciones define al concreto como la mezcla constituida por cemento, agregados, agua y eventualmente aditivos, en proporciones adecuadas para obtener las propiedades prefijadas. El material que en nuestro medio es conocido como «Concreto», es definido como «Hormigón» según las Normas del Comité Panamericano de Normas Técnicas (COPANT), adoptadas por el ITINTEC (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006, p. 246).

Con respecto a la diferenciación terminológica regional entre hormigón y concreto, aparecen los términos «Hormigón Armado y Pretensado» y «Concreto Reforzado y Preesforzado», los cuales también son sinónimos.

El hormigón (concreto en varios países de Ibero-América) es una mezcla de: cemento, agua y áridos como componentes principales. Además pueden añadirse adiciones (hasta un 35% del peso de cemento, dependiendo del tipo de adición) y aditivos (<5% del peso de cemento). El objetivo de las adiciones y de los aditivos es mejorar alguna de las propiedades del hormigón aunque en la práctica las adiciones se emplean sobre todo para abaratar el precio final del hormigón. Las adiciones son: puzolanas naturales, cenizas volantes, escoria de alto horno y polvo de sílice. Los aditivos, como los superplastificantes, se utilizan fundamentalmente para mejorar la trabajabilidad temporal del hormigón y permitir relaciones bajas de agua/cemento. (Hernández y Gil, 2007, pp. 44 - 45).

De acuerdo a la Norma Técnica de Edificación E.060, la resistencia mínima del concreto estructural (f^c), no debe ser inferior a 17 MPa. Los requisitos para f^c deben basarse en ensayos de probetas cilíndricas, confeccionadas y ensayadas siguiendo los siguientes lineamientos para las probetas curadas en laboratorio:

1. Las muestras para los ensayos de resistencia deben tomarse de acuerdo con “Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete” (ASTM C 172).
2. Las probetas cilíndricas para los ensayos de resistencia deben ser fabricadas y curadas en laboratorio de acuerdo con “Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field” (ASTM C 31M), y deben ensayarse de acuerdo con “Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”, (ASTM C 39M).
3. La resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactoria si cumple con los dos requisitos siguientes: (a) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a f^c . (b) Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que f^c en más de 3,5 MPa cuando f^c es 35 MPa o menor, o en más de 0,1 f^c cuando f^c es mayor a 35 MPa.
4. Cuando no se cumpla con al menos uno de los dos requisitos de 3, deben tomarse las medidas necesarias para incrementar el promedio de los resultados de los siguientes ensayos de resistencia. Cuando no se satisfaga 3 (b), debe realizarse la investigación de los resultados de ensayos con baja resistencia; esto con la finalidad de que se minimice la frecuencia de resultados de resistencia inferiores a f^c , en el concreto producido.

Por otro lado, la Norma Técnica de Edificación E.060, con respecto a la dosificación del concreto señala que este debe dosificarse para que proporcione una resistencia promedio a la compresión (f'_{cr}), según se establece en el cuadro que prosigue.

Cuadro 2.1. Resistencia promedio a la compresión requerida en los concretos.

Cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra		Cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra	
Resistencia especificada a la compresión (MPa)	Resistencia promedio requerida a la compresión (MPa)	Resistencia especificada a la compresión (MPa)	Resistencia promedio requerida a la compresión (MPa)
$f'c \leq 35$	Usar el mayor valor obtenido de las ecuaciones (a) y (b): $f'_{cr} = f'c + 1,34 Ss$ (a) $f'_{cr} = f'c + 2,33 Ss - 3,5$ (b)	$f'c < 21$	$f'_{cr} = f'c + 7,0$
$f'c > 35$	Usar el mayor valor obtenido de las ecuaciones (a) y (b): $f'_{cr} = f'c + 1,34 Ss$ (a) $f'_{cr} = 0,90 f'c + 2,33 Ss$ (b)	$21 \leq f'c \leq 35$	$f'_{cr} = f'c + 8,5$
		$f'c > 35$	$f'_{cr} = f'c + 5,0$

Fuente: Adaptado de Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado; pp.29-30.

Leyenda:

- f'_{cr} : Resistencia promedio a la compresión requerida.
- $f'c$: Resistencia promedio a la compresión.
- Ss: Desviación estándar de la muestra. Los lineamientos para determinar el valor de Ss se detallan en Anexo 1.

2.1.2.3.1. Tipos de concreto.

En una forma básica y teniendo como parámetro de tipificación la composición de la mezcla, los tipos de concreto son: simple, armado o con refuerzo y ciclópeo. En concordancia con la clasificación general acabada de citar, en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) se presenta una tipificación más desarrollada y específica, que extiende a ocho los tipos de concreto. En lo que prosigue se presenta los tipos de concreto presentados en el RNE:

Concreto Simple: Concreto que no tiene armadura de refuerzo o que la tiene en una cantidad menor que el mínimo porcentaje especificado para el concreto armado.

Concreto Armado: Concreto que tiene armadura de refuerzo en una cantidad igual o mayor que la requerida en esta Norma y en el que ambos materiales actúan juntos para resistir esfuerzos.

Concreto de Peso Normal: Es un concreto que tiene un peso aproximado de 2300 kg/m³.

Concreto Prefabricado: Elementos de concreto simple o armado fabricados en una ubicación diferente a su posición final en la estructura.

Concreto Ciclópeo: Es el concreto simple en cuya masa se incorporan grandes piedras o bloques y que no contiene armadura.

Concreto de Cascote: Es el constituido por cemento, agregado fino, cascote de ladrillo y agua.

Concreto Premezclado: Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra.

Concreto Bombeado: Concreto que es impulsado por bombeo a través de tuberías hacia su ubicación final.

2.1.2.3.2. Composición.

El concreto es una composición o mezcla de agregado, agua y cemento al cual se le añaden otros aditivos para modificar sus características; entre dichos aditivos es posible mencionar a impermeabilizantes, colorantes y retardadores de fraguado, entre otros. Una propiedad primordial del concreto es su resistencia, en ese sentido: “El concreto tiene una alta resistencia en compresión, pero su resistencia en tracción es baja, de hecho en los cálculos se suele despreciar la resistencia en tracción” (Ottazzi, 2004, p.8).

Los indicadores más importantes del concreto son la relación agua - cemento (w/c) y el contenido total de pasta de cemento en la mezcla. Dichos indicadores, asumiendo que no se empleen aditivos, tienen que ver directamente con la resistencia a la compresión y con la retracción por secado que experimentará la mezcla. Con respecto a los indicadores del concreto, es de destacar que: el valor de la resistencia a la compresión (f_c), se utiliza generalmente como indicador de la calidad del concreto; por otro lado, la retracción por secado se refiere al cambio de volumen del concreto a largo plazo causado por la pérdida de humedad con el tiempo en su estado endurecido.

En cuanto a las cantidades de componentes del concreto a mezclarse, estos deben guardar relación proporcional en función a la resistencia deseada; en ese sentido, experimentalmente se establecen determinadas dosificaciones, en función de la resistencia final que se desea lograr del concreto diseñado.

Tabla 2.1. Dosificación de una mezcla de concreto (Resistencia 250 kg/cm²).

	En peso (kg/m ³)	% en peso	En volumen (m ³)	% en volumen
Cemento	307	13%	0.098	10%
Agua	178	8%	0.178	18%
Aire atrapado			0.020	2%
Agregado grueso	1,040	44%	0.385	39%
Agregado fino	825	35%	0.319	32%
total	2,350	100%	1.00	100%
Relación w/c	0.58		1.82	
Contenido de Pasta			0.296	29.6%

Fuente: Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado; p.8.

Según Rivera (2007), los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto. Como agregados de las mezclas de mortero o concreto se pueden considerar, todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia de la partícula), no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento Portland. En general, la mayoría son materiales inertes, es decir, que no desarrollan ningún tipo de reacciones con los demás componentes de las mezclas, especialmente con el cemento; sin embargo, existen algunos agregados cuya fracción más fina presenta actividad en virtud de sus propiedades hidráulicas colaborando con el desarrollo de la resistencia mecánica, tales como: las escorias de alto horno de las siderúrgicas, los materiales de origen volcánico en donde hay sílice activo, entre otros.

Los áridos, que forman parte del cuerpo del concreto, consisten en agregado fino y grueso. El cemento y agua interactúan químicamente para unir las partículas de agregado y conformar una masa sólida. Es necesario agregar agua, además de aquella que se requiere para la reacción química, con el fin de darle a la mezcla la trabajabilidad

adecuada que permita llenar las formaletas y rodear el acero de refuerzo embebido, antes de que inicie el endurecimiento.

2.1.2.3.3. Concreto de alta resistencia.

La tecnología del hormigón permite obtener concretos en un amplio rango de propiedades ajustando apropiadamente las proporciones de los materiales constitutivos o que lo conforman. Un rango aún más amplio de propiedades puede obtenerse mediante la utilización de cementos especiales (cementos de alta resistencia inicial), agregados especiales (los diversos agregados ligeros o pesados), aditivos (plastificantes y agentes incorporadores de aire, micro sílice o cenizas volantes) y mediante métodos especiales de curado (curada al vapor).

Los concretos de alta resistencia, obtenidos por incorporación a la mezcla de microsílices, una adición mineral, y de superplastificantes, un aditivo químico, son una nueva clase de concretos que, como su nombre lo indica, tienen resistencias en compresión que a los 28 días sobrepasan los 700 kg/cm² y que pueden alcanzar resistencias de 1200 kg/cm² o mayores a los 90 días.

Estos concretos tienen múltiples aplicaciones. De ellas la más estudiada es la construcción de edificios de gran altura. La principal limitación es que todavía no se conoce en su totalidad las propiedades y comportamiento de estos concretos. (Rivva, 2002, p.1).

El límite inferior para calificar a un concreto como de alta resistencia se establece en términos de la resistencia a la compresión; en efecto:

Los concretos de alta resistencia se definen, en la literatura especializada, a partir de un f'c superior a los 420 kg/cm² (6,000 psi) [...]. Se logran con el uso de relaciones w/c muy bajas, con la ayuda de superplastificantes, micro sílice y el empleo de agregados resistentes, angulosos y de superficie rugosa [...]. (Ottazzi, 2004, p.27).

Los usos que se le da al Concreto de Alta Resistencia (HPC por sus siglas en inglés) responden a su idoneidad para construir determinadas estructuras o componentes de obras civiles. Por sus características mecánicas mejoradas el concreto de alta resistencia es ideal para construir estructuras que dan cuenta de sus bondades; en ese sentido, en el Cuadro 2.2 se presenta los usos principales que se le da a dicho concreto. Por otro lado, el uso del Concreto de Alta Resistencia (HPC) ofrece determinadas ventajas comparativas frente a sus pares, en ese sentido, en el Cuadro 2.3 se presenta las ventajas destacadas por Cerón (2013) y en el Manual del Constructor (2012).

Cuadro 2.2. Usos del Concreto de Alta Resistencia.

Según Cerón (2013)	Según Manual del Constructor (2012)
<ul style="list-style-type: none"> - Muros de rigidez. - Columnas y traves en edificios de oficinas, departamentos, centros comerciales, hoteles y rascacielos. - Traves de gran claro pre-esforzadas. - Estructuras costeras, sanitarias y militares, etc. - Bóvedas de seguridad. - Elementos prefabricados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Columnas esbeltas y traves en edificios altos o rascacielos. - Secciones de puentes con claros largos o muy largos. - Sistemas de transporte. - Estructuras costeras, sanitarias, militares, etc. - Pisos más resistentes al desgaste.

Fuente: Adaptado de: Análisis probabilístico del concreto de alta resistencia; p.18 y Manual del Constructor; p.194.

Cuadro 2.3. Ventajas del Concreto de Alta Resistencia.

Según Cerón (2013)	Según Manual del Constructor (2012)
<ul style="list-style-type: none"> - Mejora la protección contra la corrosión del acero de refuerzo. - La estructura tiene un menor costo en comparación con otras diseñadas en acero. - Presenta una mayor resistencia a la erosión. - Incremento del área rentable (consecuencia de la reducción de secciones). - Su alta consistencia permite bombearlo a grandes alturas. - Posee alta fluidez que hace posible su colocación aún en zonas congestionadas de acero de refuerzo. - Posible reducción de la cuantía de acero de refuerzo en columnas. - Posible reducción del proporcionamiento del acero de refuerzo según el proyecto. - Menor flujo plástico (Creep). - Alto módulo de elasticidad. - Usado en losas, permite una remoción temprana de la cimbra de contacto y permite incrementar el espaciamiento del re-apuntalamiento. - Menores pérdidas de pre-esfuerzo. - Se incrementa la capacidad máxima a flexión en traves de sección sólida. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ofrece valores de resistencia a la compresión entre 400 y 900 kg/cm², de muy alta durabilidad y baja permeabilidad. - Mejora la protección a la corrosión del acero de refuerzo. - La estructura tiene un menor costo en comparación a otras elaboradas con acero. - Presenta una mayor resistencia a la erosión. - Se aprovecha un área mayor en las plantas más bajas de edificios altos o muy altos. - Debido a la baja relación agua/cemento se logran concretos muy durables, de muy baja permeabilidad, y de alta resistencia. - Requiere menos obras de infraestructura en puentes de gran claro. - Menor peso de la estructura. - Su alta consistencia permite bombearlo a grandes alturas. - Posee muy alta fluidez siendo posible su colocación aún en zonas congestionadas de acero de refuerzo. - Se puede lograr tener una alta resistencia a compresión a edad temprana.

Fuente: Adaptado de: Análisis probabilístico del concreto de alta resistencia; p.18 y Manual del Constructor; p.194.

2.1.2.3. Diseño del concreto de alta resistencia.

2.1.2.3.1. Consideraciones básicas para el diseño.

El concreto de alta resistencia es un tipo de hormigón que ofrece prestaciones específicas para las solicitaciones a las que se desea someter una determinada estructura; luego, el concreto de alta resistencia es necesario:

- A. Para colocar el concreto en servicio a una edad mucho menor, por ejemplo dar tráfico a pavimentos a 3 días de su colocación.
- B. Para construir edificios altos reduciendo la sección de las columnas e incrementando el espacio disponible.
- C. Para construir superestructuras de puentes de mucha luz y para mejorar la durabilidad de sus elementos.
- D. Para satisfacer necesidades específicas de ciertas aplicaciones especiales como por ejemplo durabilidad, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión. Entre algunas de dichas aplicaciones se cuentan presas, cubiertas de graderías, cimentaciones marinas, parqueaderos, y pisos industriales de tráfico pesado. (Cabe señalar que el concreto de alta resistencia no es garantía por sí mismo de durabilidad). (National Ready Mixed Concrete Association, 2011, p. 67).

La obtención del concreto de alta resistencia es un proceso orientado a lograr que el concreto se caracterice por: tener una mayor resistencia que el concreto reforzado ordinario, soportar fuerzas más altas, permitir la reducción de las dimensiones de la sección de los elementos estructurales, tener un módulo de elasticidad más alto que el concreto convencional, de tal manera que se reduzca cualquier pérdida de la fuerza pretensora debido al acortamiento elástico del concreto, y, las pérdidas por flujo plástico, entre otros.

El concreto de alta resistencia responde a solicitaciones específicas de obras civiles de gran envergadura.

En la conformación del concreto de alta resistencia es factible la utilización de materiales autóctonos de la zona donde se desarrolla la obra, luego, el diseño de Concretos de Alta Resistencia puede establecerse en términos de zonas geográficas específicas; por ejemplo: Obras Civiles en Zonas Alto Andinas del Perú. Con respecto a esta última consideración, uso de materiales autóctonos, se debería tener en cuenta que el diseño de Concretos de Alta Resistencia para Obras Civiles debe estar sustentado en la siguiente premisa:

Un óptimo diseño de concreto resulta de la selección de los materiales disponibles en la localidad, que permitan que el concreto en estado plástico sea de fácil colocación y acabado, y que aseguren el desarrollo de la resistencia y demás propiedades del concreto endurecido que especifique el diseñador. (National Ready Mixed Concrete Association, 2011, p. 67).

2.1.2.3.2. Materiales para el diseño.

En el Perú existen varias marcas y tipos de cemento, los cuales dependiendo de su composición química, producen diferentes reacciones con los aditivos y por ende con los reductores de agua; produciendo efectos favorables o desfavorables al endurecimiento inicial del concreto, de acuerdo con la aplicación que se le quiera dar; luego, la mezcla constituida por cemento, agregados, agua y aditivos, puede ser ensayada de tal manera que variando cualquiera de los elementos presentes en la mezcla, se puedan obtener diversos tipos de concreto para propósitos específicos, solicitudes puntuales, y, en función de la disponibilidad de los elementos requeridos para la mezcla; por ejemplo, la disponibilidad de agregados en una determinada zona.

En los apartados que prosiguen se detalla aspectos relacionados con los materiales requeridos para la mezcla, sus características y las recomendaciones a tenerse en cuenta en el diseño de Concreto de Alta Resistencia.

2.1.2.3.2.1. Agregados.

Los agregados constituyen el primer y más abundante componente del concreto, sea cual sea el tipo de concreto, los agregados que pueden ser finos o gruesos, forman parte importante. Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, los agregados conforman el conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma ITINTEC 400.037; en ese marco: agregado fino es aquel agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz ITINTEC 9,5 mm (3/8"); y agregado grueso, es aquel agregado retenido en el tamiz ITINTEC 4,75 mm (N° 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas.

En forma general, la arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. Se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 milímetros (mm). El Reglamento Nacional de Edificaciones define a la arena como aquel agregado fino, proveniente de la desintegración natural de las rocas y a la Grava, como

aquel agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de los materiales pétreos, encontrándosele corrientemente en canteras y lechos de ríos, depositado en forma natural (Según NORMA ITINTEC 400.037).

En forma general, la grava - Agregado grueso de tamaño máximo mayor o igual a 20 mm , y gravilla - Agregado grueso de tamaño máximo menor a 20 mm varían en tamaños desde 5 mm hasta 50 mm para los concretos usados en edificaciones y puentes; en concretos especiales como los usados en presas de gravedad los tamaños pueden ser mayores. Requiere buena gradación, resistencia al desgaste, durabilidad, superficies libres de impurezas. El tamaño máximo está determinado por el proceso de construcción; especialmente influye la separación del refuerzo y las dimensiones del elemento que se pretende construir. La arena - Agregado fino resultante de la desintegración natural y abrasión de las rocas o del procesamiento de conglomerados débilmente ligados es el material granular que pasa el tamiz N°4, y debe estar libre de impurezas, especialmente orgánicas.

Para el diseño de Concreto de Alta Resistencia, se recomienda que la grava sea de alta resistencia mecánica, estructura geológica sana, bajo nivel de absorción, buena adherencia, de tamaño pequeño y densidad elevada. Por su parte, la arena debe estar bien gradada, con poco contenido de material fino plástico y módulo de finura controlado (cerca a 3.00). (Cerón, 2013, p. 15.).

Tabla 2.2. Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas.

TAMAÑO EN mm.	DENOMINACIÓN MÁS COMÚN	CLASIFICACIÓN	USO COMO AGREGADO DE MEZCLAS
< 0,002	Arcilla	Fracción muy fina	No recomendable
0,002 – 0,074	Limo	Fracción fina	No recomendable
0,074 – 4,76 #200 - #4	Arena	Agregado fino	Material apto para mortero o concreto
4,76 – 19,1 #4 – ¾"	Gravilla	Agregado grueso	Material apto para concreto
19,1 – 50,8 ¾" – 2"	Grava		Material apto para concreto
50,8 – 152,4 2" – 6"	Piedra		
> 152,4 6"	Rajón, Piedra bola		Concreto ciclópeo

Fuente: Concreto simple; p.52.

2.1.2.3.2.2. Cemento.

Otro componente del concreto es el cemento. El cemento es el material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. El Cemento Portland, es el producto obtenido por la pulverización del clinker portland, principal componente del cemento más común, con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker.

Los tipos de cementos pueden determinarse según diferentes criterios, por ejemplo: las clases o categorías resistentes (resistencias mecánicas mínimas o medias, usualmente la resistencia a la compresión a los 28 días); los tipos de cemento (cementos portland, cementos siderúrgicos, cementos puzolánicos, cementos con escoria, etc.); las propiedades características especiales más importantes (bajo calor de hidratación, resistencia frente medios agresivos por ejemplo, sulfatos, rápido desarrollo de resistencias, etc.

Tabla 2.3. Composición de los Cementos (1).

TIPO	DENOMINACION	COMPONENTES					
		Clinker		Principales			Minoritarios (2)
		Portland yeso	Escoria granulada	Materiales puzolánicos (3)	Humo de sílice	Caliza	
CPO	Cemento Portland ordinario	95-100	-	-	-	-	0-5
CPP	Cemento Portland puzolánico	50-94	-	6-50	-	-	0-5
CPE G	Cemento Portland con escoria granulada de alto horno	40-94	-	6-50	-	-	0-5
CPC	Cemento Portland Compuesto ⁽⁴⁾	65-94	6-35	6-35	1-10	6-35	0-5
CPS	Cemento Portland	90-99	-	-	1-10	-	0-5
CEG	Cemento con escoria granulada de alto horno	20-39	61-80	-	-	-	0-5

Fuente: Manual del constructor; p.39.

Notas:

- (1) Los valores de la tabla representan el % en masa.
- (2) Los componentes minoritarios deben ser uno o más de los componentes principales, a menos que estén incluidos ya como tales en el cemento.
- (3) Los materiales puzolánicos incluyen: puzolanas naturales, artificiales y/o cenizas volantes.
- (4) El Cemento Portland Compuesto debe llevar como mínimos dos componentes principales, excepto cuando se adicione ceniza, ya que ésta puede ser en forma individual en conjunto con clinker + yeso.

El cemento suministra las propiedades adhesivas y cohesivas a la pasta. Se usa el cemento hidráulico tipo Portland. Para su hidratación requiere cerca del 25% de agua. Sin embargo para mejorar la movilidad del cemento dentro de la pasta se requiere un porcentaje adicional del 10 al 15 %. La relación agua-cemento (a/c) mínima es de 0,35; en la práctica es mayor para darle trabajabilidad a la mezcla de concreto. La relación a/c es uno de los parámetros que más afecta la resistencia del concreto, pues a medida que aumenta, aumentan los poros en la masa y por ende disminuye la resistencia.

Según Cerón (2013), para el diseño de Concreto de Alta Resistencia, son recomendables los cementos tipos I y II, con contenidos significativos de silicato tricálcico (mayores que los normales), módulo de finura alto y composición química uniforme. El Cemento Portland Puzolánico Tipo 1P, es el cemento portland que presenta un porcentaje adicionado de puzolana entre 15% y 45%; el Cemento Portland Puzolánico Tipo 1PM, es el cemento portland que presenta un porcentaje adicionado de puzolana menor de 15%.

2.1.2.3.2.3. El agua.

El agua de la mezcla debe ser limpia y libre de impurezas y en general debe ser potable. El proceso de hidratación genera calor, que produce aumento de temperatura en la mezcla y expansión volumétrica y que debe controlarse sobre todo en vaciados masivos. Con el fin de controlar el exceso de agua en la mezcla, necesario para facilitar la trabajabilidad del concreto fresco, la tecnología moderna del concreto, facilita los aditivos plastificantes, los cuales además de facilitar el proceso constructivo, permiten obtener concretos de resistencia más uniforme.

Para el Concreto de Alta Resistencia se recomienda: el agua requiere estar dentro de las normas establecidas; es decir, la mezcla debe tener relaciones agua/cemento bajas (de 0.25 a 0.35), mezclado previo del cemento y del agua con revolvedora de alta velocidad, empleo de agregados cementantes, período de curado más largo y controlado, compactación del concreto por presión y confinamiento de la mezcla en dos direcciones.

2.1.2.3.2.4. Aditivos.

Los aditivos son sustancia añadida a los componentes fundamentales del concreto, con el propósito de modificar algunas de sus propiedades. El aditivo es acelerante, cuando la sustancia que al ser añadida el concreto, mortero o lechada, acorta el tiempo de

fraguado y/o incrementa la velocidad de desarrollo inicial de resistencia. El aditivo es retardador, cuando el aditivo prolonga el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón (o mortero de cemento), es decir, cuando el aditivo prolonga el tiempo de fraguado. El aditivo es incorporador de aire, es el aditivo cuyo propósito exclusivo es incorporar aire en forma de burbujas esferoidales no coalescentes y uniformemente distribuidas en la mezcla, con la finalidad de hacerlo principalmente resistente a las heladas. Para el diseño de Concreto de Alta Resistencia, es recomendable emplear alguno o una combinación de los aditivos químicos: superfluidificantes y retardantes; y, de los aditivos minerales, ceniza volante, microsíllica o escoria de alto horno.

2.1.2.3.2.5. Superplastificantes.

Los plastificantes y superplastificantes son aditivos para hormigón, capaces de mejorar las propiedades del hormigón en cuanto a resistencia se refiere; estos aditivos se emplean para conferir al hormigón fresco un mejor comportamiento en cuanto a trabajabilidad y bombeabilidad, pero también se busca con su uso mejorar significativamente la resistencia y la durabilidad del hormigón final.

Para el diseño de Concreto de Alta Resistencia, el uso de superplastificantes es obligatorio, ya que por su baja relación Agua-Cementante (A/Cte), se hace casi imposible obtener una adecuada manejabilidad y fluidez del concreto si no se le adiciona a la mezcla un superplastificante. El uso de superplastificante en el diseño de Concreto de Alta Resistencia es indispensable pues su adición aumenta las resistencias del hormigón, especialmente a edades tempranas. Esto se debe tanto a la reducción del agua como a una mejor dispersión de las partículas de cemento que se traduce en una mejor hidratación.

2.1.2.5. Propiedades de las estructuras de concreto de alta resistencia.

La uniformidad de la mezcla de concreto, como resultado en el proceso en obra de éste, hace alusión no sólo a la apariencia sino al logro de las propiedades deseadas; asimismo, las propiedades de las estructuras de concreto de alta resistencia deben reflejar el alto desempeño y resistencia del concreto en sus condiciones de uso y su durabilidad durante su vida útil. Para el logro de las propiedades deseadas, el concreto debe someterse a procesos de aditivización y dosificación pertinentes para que garanticen una determinada resistencia a la compresión y satisfaga la durabilidad deseada.

2.1.2.5.1 Propiedades del concreto fresco.

Según Cerón (2013), los aspectos principales de las propiedades en concretos de Alta Resistencia con adición de microsílíce y superplastificantes, son las siguientes:

- Una mezcla con adición de microsílíce se considera con el grado óptimo de cohesividad si no es excesivamente áspera ni excesivamente viscosa, es decir es lo suficientemente plástica para permitir fácil manipulación y trabajabilidad en condiciones de obra.
- La presencia de microsílíces genera una disminución en la viscosidad del material pero otorga un aumento en la resistencia al corte de la mezcla fresca.
- La adición de microsílíce a una mezcla diseñada para ser bombeada actúa como ayuda para éste y genera muy buenas características a la mezcla.
- Se puede reducir la cantidad del agua en un 28% cuando se emplea superplastificantes a bases de formaldehído melanina sulfonatada.
- La adición de superplastificantes incrementa el asentamiento, aunque este es de corta duración y entre media hora a una hora el concreto regresa a su consistencia natural.
- La proporción de pérdida de asentamiento obedece a la dosificación, tipo de superplastificante y temperatura a la que se encuentra tanto el concreto como el cemento.
- El tiempo de fraguado del concreto no se ve afectado por la adición de superplastificantes de acuerdo al ensayo de penetración.
- No se debe generar exudación del concreto ni segregación, si se aplica la dosificación recomendada por el fabricante del superplastificante.
- Algunos Concretos de Alta Resistencia (HPC por sus siglas en inglés) pueden encofrarse sin compactación mecánica, lo que genera ahorro no sólo en el tiempo sino en la inversión económica.
- El contenido de aire contenido en el concreto puede disminuir con el tiempo, es necesario realizar ensayos antes y después del moldeo de los especímenes.

2.1.2.5.2. Propiedades del concreto endurecido.

Ceron (2013), en cuanto a las propiedades que adquieren los Concretos de Alta Resistencia cuando se les adiciona aditivos tales como microsílíce y superplastificantes, señala los siguientes:

- La adición de microsílíce hace que la resistencia en el concreto tanto en tensión como flexión, aumentan proporcionalmente a la resistencia a la compresión.
- Entre menor sea la relación agua/cementante mayor será la propiedad mecánica del concreto.
- Cuando la relación agua/cementante es baja puede presentarse astillamiento si el concreto se encuentra expuesto a rápidas elevaciones de temperatura.
- El uso de baja relación agua/cementante y contenido moderado de cemento permite minimizar la contracción del concreto.
- La deformación prorrogada en compresión decrece según el incremento de resistencia en compresión.

2.2. Marco Conceptual

Ciudad de Huaraz: Ciudad peruana altoandina capital del departamento de Ancash y sede del gobierno regional homónimo. Fue fundada como «San Sebastián de Huaraz» el 20 de enero de 1574. Huaraz, también es ciudad del distrito y provincia del mismo nombre. Geográficamente, está ubicada en la parte central del Callejón de Huaylas y al margen derecho del río Santa, a una altitud media de 3050 msnm; cuenta con una extensión de aproximada de 9 km². Según el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, Huaraz al año 2015 tenía una población aproximada de 166 625 habitantes, de los cuales, la zona metropolitana que abarca parte de los distritos de Huaraz e Independencia tenían una población de 64 109 y 73 556 habitantes respectivamente.

Concreto de alta densidad: Los concretos pesados o de alta densidad, se caracterizan por tener su densidad, que varía entre 2.8 a 6 T/m³, a diferencia de los concretos normales, que se encuentran entre 2.2 a 2.3 T/m³. El concreto de alta densidad tiene propiedades de utilidad como material de protección contra la radiación.

Curado del concreto: El curado se define como el proceso de mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto, durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que se desarrollen en el hormigón las propiedades deseadas. El curado es una de las operaciones más importantes en las construcciones con hormigón y lamentablemente una de las más descuidadas. Un buen curado aumenta la resistencia y durabilidad y en general todas las propiedades del concreto endurecido. (Rivera, 2010).

Durabilidad del concreto: Un concreto durable es aquel que puede resistir en forma satisfactoria las condiciones de servicio a que estará sujeto, tales como: la meteorización, la acción química y el desgaste. Es indispensable que el concreto resista, sin deteriorarse con el tiempo, las condiciones para las cuales se ha proyectado. La falta de durabilidad puede deberse al medio al que está expuesto el concreto, o a causas internas del concreto mismo. Las causas externas pueden ser físicas, químicas o mecánicas; originadas por condiciones atmosféricas, temperaturas extremas, abrasión, acción electrolítica, ataques por líquidos y gases de origen natural o industrial. El grado de deterioro producido por estos agentes dependerá principalmente de la calidad del concreto, aunque en condiciones extremas cualquier concreto mal protegido se daña. Las causas internas son: la reacción álcali-agregado, cambios de volumen debidos a diferencias entre las propiedades térmicas del agregado y de la pasta de cemento y sobre todo la permeabilidad del concreto; este factor determina en gran medida la vulnerabilidad del concreto ante los agentes externos y por ello un concreto durable debe ser relativamente impermeable. (Rivera, 2010).

Endurecimiento del concreto: El endurecimiento del concreto se produce por las reacciones químicas que tienen lugar entre el cemento y el agua. Este proceso, llamado hidratación, continúa solamente si no falta agua y si la temperatura es adecuada. Cuando en el concreto recién colocado se pierde mucha agua por evaporación, la hidratación se interrumpe. Cerca de la temperatura de congelación (0° C) la hidratación prácticamente se detiene. En estas condiciones el concreto deja de ganar resistencia y mejorar otras propiedades convenientes. (Rivera, 2010).

Estructuras de concreto de alta resistencia: Está conformada por las columnas, trabes o vigas, secciones de puentes con claros largos o muy largos, sistemas de transporte, estructuras sanitarias, pisos y demás estructuras construidas con concreto de alta resistencia. Las estructuras de concreto de alta resistencia son aquellas que se

emplean en las modernas construcciones de edificios, rascacielos, centros comerciales, complejos habitacionales y demás edificaciones que requieren una construcción resistente; en ese sentido, el concreto de alta resistencia es el tipo de concreto que garantiza resistencias en compresión superiores a 700 Kg/cm².

Módulo de elasticidad del concreto: En forma general, se define al módulo de elasticidad como la relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. Para concretos de peso unitario w_c comprendido entre 1450 y 2500 kg/m³, el módulo de elasticidad (E_c), para el concreto puede tomarse como: $E_c = (w_c)^{1,5} \cdot 0,043(f'c)^{1/2}$ (en MPa); y para concretos de peso unitario normal ($w_c \approx 2300$ kg/m³), E_c , puede tomarse como: $E_c = 4700 (f'c)^{1/2}$ (en MPa). (NE E.060).

Resistencia a la flexión del concreto: La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto (hormigón). Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio).

Finalmente, con la finalidad de complementar definiciones específicas dentro del contexto peruano, en lo que prosigue se presenta definiciones adicionales establecidas en la Norma Técnica de Edificación E.060:

Cemento: Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente 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.

Cemento Portland: Producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker.

Cemento Portland Puzolánico: Es el cemento Portland que presenta un porcentaje adicionado de puzolana.

Columna: Elemento con una relación entre altura y menor dimensión lateral mayor que tres, usado principalmente para resistir carga axial de compresión.

Concreto: Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.

Concreto estructural: Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo al concreto simple y al concreto reforzado.

Concreto armado o reforzado: Concreto estructural reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero, preesforzado o no.

Concreto simple: Concreto estructural sin armadura de refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para concreto reforzado.

Concreto estructural liviano: Concreto con agregado liviano que tiene una densidad de equilibrio, determinada por —Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete (ASTM C 567), que no excede 1850 kg/m³. En esta Norma, un concreto liviano sin arena natural se llama -concreto liviano en todos sus componentes y un concreto liviano en el que todo el agregado fino sea arena de peso normal se llama -concreto liviano con arena de peso normal-.

Concreto Preesforzado: Concreto estructural al que se le han introducido esfuerzos internos con el fin de reducir los esfuerzos potenciales de tracción en el concreto causados por las cargas.

Resistencia a la fluencia: Resistencia a la fluencia mínima especificada o punto de fluencia del refuerzo. La resistencia a la fluencia o el punto de fluencia deben determinarse en tracción, de acuerdo con las Normas Técnicas Peruanas (NTP) aplicables, con las modificaciones de 3.5 de esta Norma.

Resistencia a la tracción por hendimiento o compresión diametral (*fc*) (*Splitting tensile strength*): Resistencia a la tracción del concreto determinada de acuerdo con ASTM C 496M, tal como se describe en —Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete (ASTM C 330).

Resistencia de diseño: Resistencia nominal multiplicada por el factor de reducción de resistencia ϕ que corresponda.

Resistencia especificada 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 Capítulo 5, expresada en MPa. Cuando dicha cantidad esté bajo un signo radical, se quiere indicar sólo la raíz cuadrada del valor numérico, por lo que el resultado está en MPa.

Resistencia nominal: Resistencia de un elemento o una sección transversal calculada con las disposiciones e hipótesis del método de diseño por resistencia de esta Norma, antes de aplicar el factor de reducción de resistencia.

Resistencia Requerida: Resistencia que un elemento o una sección transversal debe tener para resistir las cargas amplificadas o los momentos y fuerzas internas correspondientes combinadas según lo estipulado en esta Norma.

Capítulo III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos Empleados en la Investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2003), la presente investigación se caracteriza por ser experimental; en efecto, en la presente investigación se manipularon tres variables para lograr una resistencia a la compresión óptima. El agregado, agua y el cemento constituyen los 3 niveles de la Variable X, se aplicó el aditivo superplastificante en tres porcentajes (3 niveles para la Variable Y) y se dosificó con tres porcentajes de microsílíce (3 niveles para la Variable Z).

De acuerdo a lo señalado en el párrafo anterior, el tipo de diseño de investigación es el diseño factorial 1x3x3, la relación entre las variables e indicadores o niveles de la variable sujeto a manipulación se presenta en la Tabla que prosigue.

Tabla 3.1. Variables independientes manipuladas en la investigación.

	X		
	Y ₁	Y ₂	Y ₃
Z ₁			
Z ₂			
Z ₃			

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Metodología para la Prueba de Hipótesis

El problema objeto de estudio de la presente investigación es aquel que relaciona las características de los concretos usualmente usados en las obras civiles de las zonas altoandinas del Perú con las propiedades físicas de las estructuras de dichas obras. La realidad problemática presenta las siguientes variables:

Primera variable independiente (Variable X): Materiales para obtener el concreto patrón.

- Agregado fino al 52% del peso total de los agregados.
- Agregado grueso al 48% del peso total de los agregados.
- Cemento Portland tipo I al 27% del peso total del concreto por m³.
- Agua al 10% del peso total del concreto por m³.

Segunda variable independiente (Variable Y): Porcentaje de aditivos superplastificantes aplicados para obtener el concreto de alta resistencia.

- Al 1.2% del peso del cemento.
- Al 1.5% del peso del cemento.
- Al 2% del peso del cemento.

Tercera variable independiente (Variable Z): Dosificación de microsílíce para obtener el concreto de alta resistencia.

- Al 8 % del peso del cemento.
- Al 10% del peso del cemento.
- Al 12% del peso del cemento.

Variable dependiente (Variable V): Resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia.

La denominación de las variables independientes en términos de “X”, “Y” y “Z” permite la asignación de un estado determinado para cada una de los niveles de las variables independientes confluyentes en la variable dependiente “V”. La relación entre las variables independientes y la dependiente, se esquematiza en la siguiente figura:

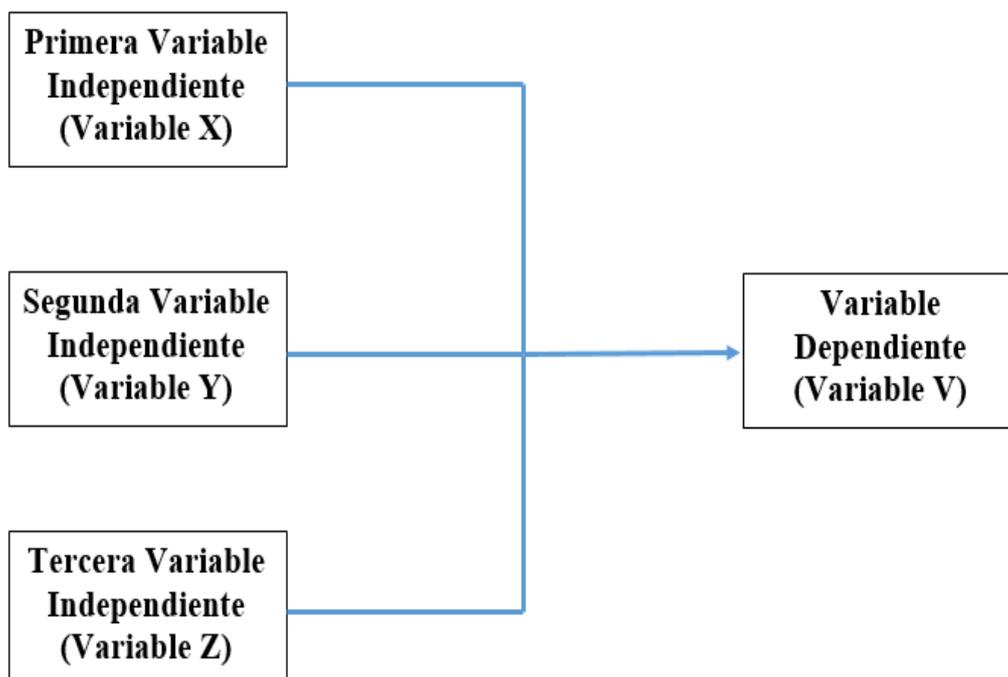


Gráfico 3.1. Relación entre las variables de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Técnicas e Instrumentos Empleados

La población beneficiaria estuvo constituida por las 8 ciudades capitales de los departamentos del Perú ubicadas en zonas altoandinas, es decir, aquellas ciudades capitales ubicadas en la serranía peruana por encima de los 2 500 m.s.n.m. Las ciudades en mención se caracterizan porque en la actualidad, en ellas, se vienen desarrollando proyectos inmobiliarios del tipo comercial y habitacional. De la población acabada de señalar, se tomó como muestra no probabilística e intencionada el caso de la ciudad de Huaraz.

En la ciudad de Huaraz, Región Ancash, Perú, se consideraron las canteras que se encuentran ubicadas en la cuenca del río Santa. La selección de la cantera tomada como muestra respondió a las características de resistencia y calidad de los agregados. En base a los criterios citados, se determinó que la cantera «Orión» brindaba las mejores bondades de resistencia para el uso óptimo en concretos de alta resistencia.

Como muestra y unidad de análisis se determinó la cantera «Orión» ubicada en las coordenadas geográficas: Norte 8963279.67 mts., Este 215965.10 mts., en el distrito de Pariahuanca de la Provincia de Carhuaz (En Anexos se presenta plano de ubicación de la cantera. En Galería de Imágenes, ver: «Imagen A.3.1. Ubicación geográfica de la cantera «Orión»»). La selección de la cantera respondió a sus mejores características de resistencia y calidad de los agregados; además, por su potencia de la cantera y la mecanización con una chancadora moderna de agregados (En Galería de Imágenes, ver: «Imagen A.3.2. Cantera «Orión» con un sistema mecanizado»). En base a los criterios citados, se determinó que la cantera «Orión» brinda las mejores bondades de resistencia para el uso óptimo en concretos de alta resistencia.

Procedimiento Experimental: Para la obtención de concretos de alta resistencia, empleando Cemento Portland Tipo I; se siguió el siguiente procedimiento: Se inició con el diseño de un concreto patrón, el cual sirvió de base para la obtención de concretos de alta resistencia. Se consideró para ello un estudio de las propiedades de los diferentes materiales a ser utilizados. Los agregados finos y gruesos deben ser ensayados a nivel de laboratorio para conocer sus propiedades, en tanto que las propiedades del cemento, del aditivo superplastificante y el microsílíce serán proveídas por los fabricantes.

Para el concreto patrón, los porcentajes de arena y piedra para el agregado global se determinaron por el método de máxima compactación y ensayos de resistencia a la compresión realizados a los 7 días del mezclado.

La dosificación del aditivo se obtuvo a partir del concreto patrón, incorporando aquel en diferentes dosificaciones y escogiendo el de mejores resultados.

El diseño del concreto con aditivo superplastificante más microsílíce se obtuvo a partir del concreto con aditivo, añadiendo la microsílíce en diferentes dosificaciones hasta obtener el diseño final del concreto de alta resistencia.

El procedimiento de diseño del Concreto de Alta Resistencia se realizó en dos etapas de experimentación: La primera etapa orientada a la determinación del concreto patrón que relaciona los agregados, cemento y agua; y la segunda etapa, orientada a la determinación del concreto de alta resistencia, incorporando aditivo y microsílíce a partir del concreto patrón (manteniendo este último constante). En la primera etapa, las variables objeto de estudio, manipulación y experimentación, fueron:

- Agregado Fino a usarse en el diseño del Concreto Patrón.
 - * Al 52% del peso total de agregados.
- Agregado Grueso a usarse en el diseño del Concreto Patrón.
 - * Al 48% del peso total de agregados.
- Cemento Portland tipo I a usarse en el diseño del Concreto Patrón.
 - * Al 27% del peso total del concreto por m³.
- Agua a usarse en el diseño del Concreto Patrón.
 - * Al 10% del peso total del concreto por m³.

En la segunda etapa de experimentación, las variables objeto de estudio, manipulación y experimentación, fueron:

- Aplicación del aditivo superplastificante.
 - * Al 1.2% del peso del cemento.
 - * Al 1.5% del peso del cemento.
 - * Al 2% del peso del cemento.
- Dosificación del microsílíce.
 - * Al 10% del peso del cemento.
 - * Al 11% del peso del cemento.
 - * Al 12% del peso del cemento.

Finalmente, como instrumentos de recopilación de datos, se aplicaron los siguientes:

Análisis de documentos: Análisis de bibliografía especializada impresa existente en diversas instituciones y bibliotecas especializadas sobre diseño de concretos de alta resistencia.

Internet: El uso de tecnología de información sobre experiencias en el estudio de concretos de alta resistencia.

Observación: A través de registros con fichas técnicas, fotografías y filmaciones, de las características de los materiales y ensayos para el diseño de concretos de alta resistencia.

Entrevistas: A especialistas en el análisis y elaboración de concretos de alta resistencia.

Equipos de laboratorio: Equipos especializados en ensayo y resistencia de materiales para el concreto de alta resistencia. Las normas a las que estuvieron sujetas los equipos, son la Norma técnica peruana (NTP) y la Norma de la Asociación Americana para el Ensayo y Materiales (ASTM). Según dichas normas los equipos usados fueron:

- a. Balanza.
- b. Horno eléctrico.
- c. Probetas graduadas.
- d. Aparato de Vicat.
- e. Cronometro.
- f. Picnómetro para arena y grava fina.
- g. Tamices NTP.
- h. Maquina Vibradora de agregados.
- i. Medidores metálicos para peso unitario.
- j. Barra compactadora.
- k. Máquina de los ángeles.
- l. Máquina de pruebas de compresión.
- m. Mezcladora de concreto de laboratorio.
- n. Tanques de curado de concreto.
- o. Moldes cilíndricos de alta resistencia.
- p. Conjunto portátil para prueba de asentamiento.

3.4. Procedimiento de la Recolección de Datos

La recolección de la información se limitó a los indicadores resultantes de operacionalizar la hipótesis y variables, los cuales fueron identificados mediante la letra asignada a la variable. Entre los materiales e instrumentos para la recolección de la información usados en la presente investigación tenemos a los mapas usados para ubicación de las canteras, los planes de desarrollo para la región Ancash, los informes técnicos de obras civiles realizados en la ciudad de Huaraz, y, los instrumentos de recolección de datos específicos para la consecución de cada uno de los objetivos específicos.

Por otro lado, dado que según Torres (2002), el procesamiento de la información consiste en ordenar los datos de acuerdo a los indicadores de cada variable y en relación a los objetivos de la investigación y a la hipótesis de trabajo; en la presente investigación los indicadores han servido como referentes para procesar la información recolectada teniendo en cuenta las características del concreto usado y las propiedades físicas de las estructuras que conforman las obras civiles desarrolladas en la ciudad de Huaraz (En Capítulo IV Ver: «4.2. Ensayos de Laboratorio» y «4.3. Preparación del Concreto»).

Dado que el análisis e interpretación de los resultados es el proceso a través del cual “ordenamos, clasificamos y presentamos los resultados de la investigación en cuadros estadísticos, en gráficas elaboradas y sistematizadas a base de técnicas estadísticas con el propósito de hacerlos comprensibles (Torres, 2002, p. 279); en la presente investigación para el análisis de la información se tuvo en cuenta de hacerlo en función a los resultados obtenidos proceso seguido para obtener el concreto de alta resistencia; por otro lado, mediante la interpretación de resultados se orientó a determinar el comportamiento estructural del concreto de alta resistencia, la dosificación del concreto de alta resistencia, y, la contrastación de hipótesis específicas (En Capítulo, Ver: «4.4. Propiedades del Concreto en Estado Endurecido», «4.5. Interpretación de Resultados» y «4.6. Discusión de Resultados»).

Diseño del concreto patrón: Primero se determinó la mejor combinación en el agregado global, para diferentes porcentajes de arena y piedra con la finalidad de obtener el máximo peso unitario compactado, resultando la mejor relación agregado fino/agregado grueso=52%/48%. Se diseñó el concreto patrón con una cantidad de

cemento de 630 kg por m³ de concreto y una relación a/c=0.37, controlando el asentamiento (slump de 3" a 4").

Luego se ensayó a resistencia a la compresión, para edades de 7, 14, 28 y 90 días. Los valores obtenidos así como detalles adicionales de este procedimiento fueron registrados para su posterior análisis e interpretación.

Diseño del concreto con aditivo superplastificante: Con la dosificación del concreto patrón, manteniendo constante (agregado fino/agregado grueso=52%/48%), y la cantidad de cemento 630 kg por m³ de concreto. Se aplicó aditivo superplastificante en proporciones de 1.2%, 1.5% y 2% del peso del cemento, controlando el asentamiento (slump de 3" a 4") con una relación de a/c=0.29.

Luego se ensayó a resistencia a la compresión, para edades de 7, 14, 28 y 90 días, resultando el de mayor resistencia a la compresión con la dosificación aditivo superplastificante de 2%. Los valores obtenidos así como detalles adicionales de este procedimiento fueron registrados para su posterior análisis e interpretación.

Diseño del concreto con aditivo superplastificante más microsílíce: Con la dosificación del concreto patrón, manteniendo constante la relación de arena y piedra en el agregado global, la cantidad de cemento 630 kg por m³ de concreto, aditivo superplastificante de 2% y relación a/c=0.29.

Luego se adiciono el microsílíce en proporciones de 10%,11% y 12% del peso del cemento, debido a esta adición de microsílíce se incrementó el aditivo superplastificante a 2.3%, para mantener el asentamiento entre 3" a 4". Finalmente se ensayó el concreto endurecido para edades de 7, 14, 28 y 90 días, resultando el de mayor resistencia a la compresión con la adición de microsílíce al 12%. Los valores obtenidos así como detalles adicionales de este procedimiento fueron registrados para su posterior análisis e interpretación.

Capítulo IV

DESARROLLO DEL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

4.1. Consideraciones Generales para el Diseño

Procedimiento Experimental: La obtención de concretos de alta resistencia, empleando Cemento Portland Tipo I se inició con el diseño de un concreto patrón, el cual sirvió de base para la obtención de concretos de alta resistencia. Se consideró para ello un estudio de las propiedades de los diferentes materiales a ser utilizados. Los agregados finos y gruesos deben ser ensayados a nivel de laboratorio para conocer sus propiedades, en tanto que las propiedades del cemento, del aditivo superplastificante y el microsílíce serán proveídas por los fabricantes.

Fuente de Agregados: Se seleccionó las canteras de las zonas aledañas a la ciudad de Huaraz, como las proveedoras de los agregados; luego, para probar que usando agregados propios de la zona, y que, mediante una dosificación de aditivo de 2% y un 12% de microsílíce, es factible obtener concretos con resistencias mayores a 280 kg/cm²; se seguirá el siguiente proceso:

- Se identificará las canteras para la extracción de agregados, es decir las canteras de piedra y arena.
- Se caracterizará las piedras y arenas en términos de agregados gruesos y finos, de acuerdo a las siguientes propiedades: Peso unitario suelto, peso unitario compactado, peso específico, porcentaje de absorción, contenido de humedad y módulo de finura.

Normas a utilizar: En forma general, la Norma NTP y la Norma ASTM. Para los ensayos que se realizaron en el diseño de concretos de alta resistencia, las normas específicas fueron:

- Peso unitario de los agregados fino y grueso utilizando según la Normas Técnicas Peruanas NTP 400.017.
- Pesos específicos para el agregado fino y grueso que serán utilizados en la investigación según la NTP 400.022.
- Contenido de humedad se determinara para cada diseño de mezcla según la NTP 400.016.

- Granulometría de los agregados según la NTP 400.037.
- Módulo de finura de los agregados según la NTP 400.018.
- Asentamiento de las mezclas de concreto según la NTP 339.035.
- Coeficiente de desgaste de los Ángeles según la ASTM C 131.
- Resistencia a la compresión del concreto endurecido a la edad de 7 y 14 días.
- Resistencia a la compresión del concreto endurecido a la edad de 28 días.
- Resistencia a la compresión del concreto endurecido a la edad de 90 días.

4.2. Ensayos de Laboratorio

4.2.1. Agregados

Los agregados utilizados en la investigación constituyen en promedio 65% del volumen total de la mezcla de concreto y muchas de las propiedades principalmente mecánicas dependen directamente de los agregados, es decir, de sus propiedades físicas y químicas. El agregado fino y el agregado grueso provinieron de la cantera «Orión».

Por otro lado, es de destacar que la determinación de las propiedades físicas de los agregados resulta siendo muy importante, en razón de que permite conocer el comportamiento del concreto elaborado con dichos agregados, además de tener en cuenta un control de calidad estricto tanto en la cantera como en el laboratorio, ya que el concreto de alta resistencia es altamente susceptible de los cambios en su constitución. En concordancia con lo acabado de citar se tuvo en cuenta que, los ensayos para determinar las propiedades físicas de los agregados se realizaran para tres muestras (M-1, M-2 y M-3) de agregado fino y grueso respectivamente, tomándose los valores promedios de las tres muestras como representativos. La metodología utilizada para determinar las propiedades físicas de los agregados estuvo de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas vigentes y las Normas ASTM.

4.2.1.1. *Peso unitario de los agregados*

Se denomina peso unitario del agregado al peso que alcanza un determinado volumen unitario. Este valor es requerido cuando se trata de clasificar agregados ligeros o pesados y en el caso de realizar proporciones de mezcla de concreto por volumen. El

peo unitario del agregado varía de acuerdo a condiciones intrínsecas, como la forma, granulometría y tamaño máximo. Asimismo, depende de factores externos como la relación de tamaño máximo con el volumen de recipiente utilizado para realizar el ensayo, la consolidación impuesta, la forma de colocación, etc. De acuerdo al tipo de consolidación hay dos tipos de peso unitario: suelto y compactado. Los pesos unitarios para el agregado fino y grueso utilizados fueron determinados según la NTP 400.017 y los valores obtenidos se muestran en los cuadros 4.1 y 4.2 respectivamente.

Cuadro 4.1. Determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado fino.

Tipo de peso unitario	Peso unitario suelto			Peso unitario compactado		
	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3
Muestra N°						
Peso material + molde	20647.00	20955.00	20793.00	23509.00	22720.00	23123.00
Peso del molde	7146.00	7146.00	7146.00	7146.00	7146.00	7146.00
Peso del material	13501.00	13809.00	13647.00	16363.00	15574.00	15977.00
Volumen del molde	9424.80	9424.80	9424.80	9424.80	9424.80	9424.80
Peso unitario	1.432	1.465	1.448	1.736	1.652	1.695
Peso unitario promedio	1.449			1.695		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.2. Determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.

Tipo de peso unitario	Peso unitario suelto			Peso unitario compactado		
	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3
Muestra N°						
Peso material + molde	19718.00	19963.00	20018.00	21249.00	21302.00	21289.00
Peso del molde	7146.00	7146.00	7146.00	7146.00	7146.00	7146.00
Peso del material	12572.00	12817.00	12872.00	14103.00	14156.00	14143.00
Volumen del molde	9424.80	9424.80	9424.80	9424.80	9424.80	9424.80
Peso unitario	1.334	1.360	1.366	1.496	1.502	1.501
Peso unitario promedio	1.353			1.500		

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.2. *Peso específico de los agregados*

El peso específico de los agregados adquiere importancia en la construcción, cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite, sea máximo o mínimo. Además, el peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, caso en el que es recomendable realizar pruebas adicionales. Los pesos específicos para el agregado fino y grueso utilizados en la investigación cuyos valores obtenidos se muestran en el Cuadro 4.3., fueron determinados según la NTP 400.022.

Cuadro 4.3. Determinación del peso específico del agregado fino y agregado grueso.

Identificación (Agregado)	Unidades	Fino	Grueso
Tamaño máximo de la muestra		Malla N° 4	3 / 4 ”
Tipo de frasco utilizado		Fiola	Probeta
Peso saturado superficialmente seco	gr	250.00	500.00
Peso del recipiente	gr	169.00	242.00
Volumen del agua en la probeta	cm ³	300.00	250.00
Volumen final (Vf)	cm ³	390.00	435.00
Peso del recipiente + peso seco del agregado	gr	712.00	973.00
Peso seco del agregado (Ps)	gr	232.00	490.00
Volumen saturado superficialmente seco (Vss)	cm ³	90.00	185.00
Peso específico	gr/cm ³	2.58	2.65

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.3. *Absorción en los agregados*

La capacidad que tiene los agregados de atrapar las moléculas de agua en sus poros, producido por la capilaridad, es la absorción. Su influencia radica en el aporte de agua al concreto haciendo variar propiedades importantes como la resistencia y la trabajabilidad. La absorción de los agregados fino y grueso utilizados en la investigación fueron determinados según la NTP 400.022 y los valores obtenidos se muestran en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Determinación de la absorción del agregado fino y agregado grueso.

Identificación del agregado	Fino	Grueso
Peso del Tarro+Mat. SSS en aire (a) en gr.	730.00	1388.00
Peso del Tarro+Mat. Secado en estufa (b) en gr.	719.00	1376.00
Peso del agua (c) =(a)-(b) en gr.	11.00	12.00
Peso del Tarro (d) en gr.	390.00	388.00
Peso del material secado en estufa (e)= (b) – (d)	329.00	988.00
Porcentaje de absorción : (c)*100/(e)	3.34	1.21

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.4. Contenido de humedad en los agregados

La cantidad de agua retenida por las partículas del agregado es el contenido de humedad, esta propiedad varía en función del tiempo y condiciones ambientales, según la NTP 400.016, los valores obtenidos se muestran en el Cuadro 4.5

Cuadro 4.5. Determinación del contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso.

Tipo de Agregado	Agregado fino		Agregado grueso	
Muestra N°	M-1	M-2	M-1	M-2
(1) Peso del frasco + peso del suelo húmedo (gr)	145.25	144.60	80.21	75.21
(2) Peso del frasco + peso del suelo seco (gr)	135.20	136.20	79.20	74.20
(3) Peso del agua (gr) (1) – (2)	10.05	8.40	1.01	1.01
(4) Peso del frasco (gr)	23.20	23.15	23.10	23.20
(5) Peso del suelo seco (gr) (2) – (4)	112.00	113.05	56.10	51.00
(6) Contenido de Humedad (%) (3) / (5)	8.97	7.43	1.80	1.98
Contenido de Humedad promedio (%)	8.20 %		1.89 %	

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.5. Granulometría de los agregados

La distribución de los tamaños del agregado (granulometría) está relacionada con las características de manejabilidad del concreto en estado fresco, la demanda de agua, la compactación y la resistencia mecánica del concreto en estado endurecido. Los límites granulométricos que recomienda la NTP 400.037 para el agregado fino se muestra en la Tabla 4.1 y para el agregado grueso en la Tabla 4.2. Resultados del análisis

granulométrico de los agregados se presentan en los Cuadros 4.6 y 4.7, y las curvas granulométricas de los agregados se encuentran en los Gráficos 4.1 y 4.2.

Tabla 4.1. Límites granulométricos para el agregado fino.

Tamiz estándar (abertura cuadrada)	Porcentaje que pasa
3/8" (9.61 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	95 a 100
N° 8 (2.38 mm)	80 a 100
N° 16 (1.19 mm)	55 a 85
N° 30 (0.595 mm)	25 a 60
N° 50 (0.297 mm)	5 a 30
N° 100 (0.148 mm)	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037.

Cuadro 4.6. Granulometría del agregado fino usado.

Malla	M-1	M-2	M-3	Promedio	Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Acumulado que pasa (%)
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	246.77	248.35	247.08	247.40	5.00	5.00	95.00
N° 8	690.25	695.14	692.77	692.72	14.00	19.00	81.00
N° 16	1188.62	1187.00	1186.94	1187.52	24.00	43.00	57.00
N° 30	991.25	989.77	987.78	989.60	20.00	63.00	37.00
N° 50	1136.25	1139.12	1138.75	1138.04	23.00	86.00	14.00
N° 100	695.24	690.28	692.64	692.72	14.00	100.00	0.00
> N° 200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
Total	4948.38	4949.66	4945.96	4948.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia.

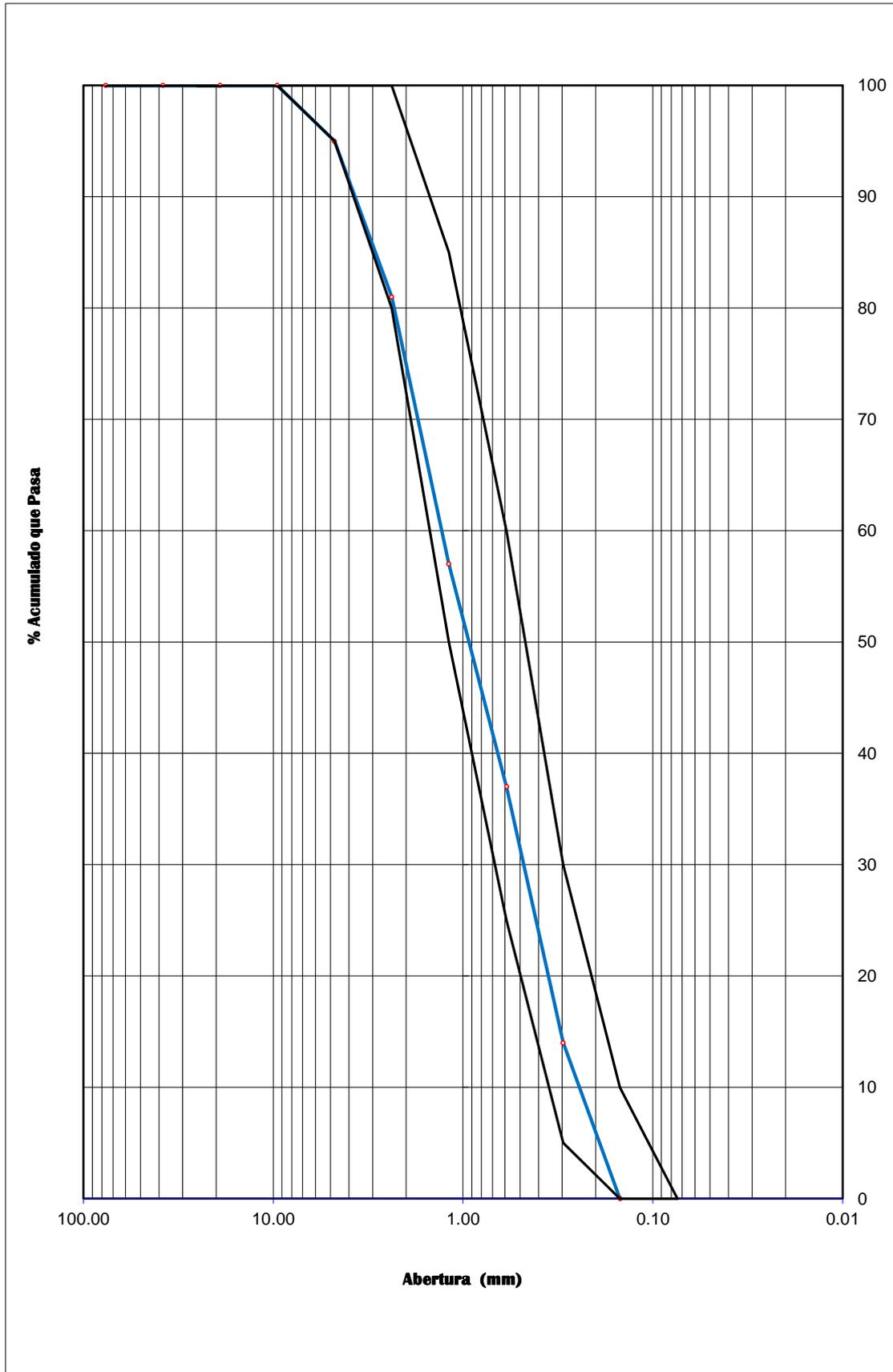


Gráfico 4.1. Curva granulométrica del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.2. Límites granulométricos para el agregado grueso huso 57.

Huso	Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados					
		25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (3/4 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)
57	25 mm a 4.75 mm (1 pulg. a N° 4)	95-100	60 -80	25 a 60	13 a 35	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037.

Cuadro 4.7. Granulometría del agregado grueso usado.

Malla	M-1	M-2	M-3	Promedio	Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Acumulado que pasa (%)
1"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	1266.20	1268.38	1270.01	1268.53	27.77	27.77	72.23
1/2"	1270.21	1273.36	1274.38	1272.65	27.86	55.63	44.37
3/8"	790.52	785.25	792.28	789.35	17.28	72.91	27.09
N° 4	1243.78	1245.36	1223.27	1237.47	27.09	100	0.00
Total	4570.71	4572.35	4560.94	4568.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia.

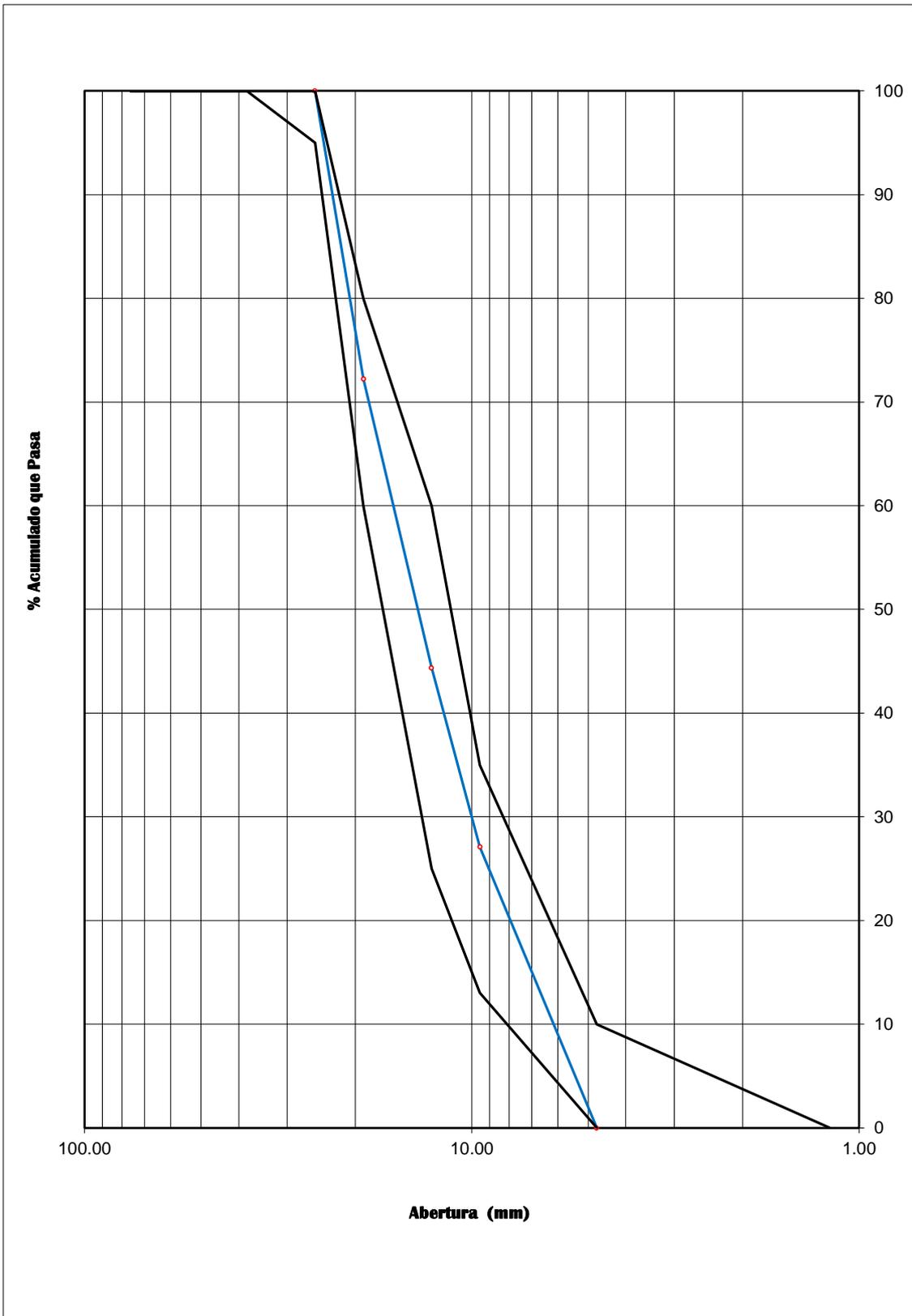


Gráfico 4.2. Curva granulométrica del agregado grueso huso 57.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.6. Módulo de finura de los agregados

El módulo de finura de los agregados se determina a partir de los resultados del ensayo granulométrico, siendo de 3.16 para el agregado fino y el módulo de finura para el agregado grueso es de 7.01 determinado a partir del Cuadro 4.7. El módulo de finura se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices especificados de acuerdo a la siguiente expresión:

$$MF = \sum \% (3'' + 1 \frac{1}{2}'' + 3/4'' + 3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100) / 100$$

Cuadro 4.8. Resumen de las propiedades de los agregados.

Descripción	Agregado Fino	Agregado Grueso	Unidades
Cantera	Orión	Orión	
Absorción	3.34	1.21	%
Peso específico	2.58	2.65	
Peso unitario suelto	1449	1353	Kg/m ³
Peso unitario compactado	1695	1500	Kg/m ³
Módulo de finura	3.16	7.01	
Finos que pasan la malla N° 200	0.00	0.00	%
Tamaño Máximo	-----	1	Pulgada
Tamaño máximo nominal	-----	3/4	Pulgada

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.7. Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados

El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la máquina de Los Ángeles con una carga abrasiva, siendo el coeficiente al desgaste de 13.60 % el cual se determinó según la ASTM C 131 y su valor se muestra en el Cuadro 4.9 a continuación.

Cuadro 4.9. Determinación del coeficiente de desgaste de Los Ángeles.

Descripción	Unidad	Agregado Grueso
Gradación		B
Peso retenido en tamiz de 1/2''	gr.	2504.00
Peso retenido en tamiz de 3/8''	gr.	2503.00
Peso de la muestra seca antes del ensayo (P ₁)	gr.	5007.00
Peso retenido en el tamiz Nro. 12 después del ensayo (P ₂)	gr.	4326.00
Coeficiente de desgaste de Los Ángeles = 100(P ₁ -P ₂)/P ₁	%	13.60

4.2.2. Aditivo superplastificante

Los aditivos superplastificantes también son conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango, superplastificante y optimizador de mezclas de concreto; que tienen por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado. Igualmente se emplean para incrementar el asentamiento sin necesidad de aumentar el contenido de agua en la mezcla de concreto.

4.2.2.1. Efectos físicos

El primer efecto físico que se da al variar la relación agua/cemento por la adición del aditivo, es la fluidez de la mezcla al estado plástico, por efecto de variar la viscosidad de la pasta de cemento. Entre las partículas de cemento y los productos resultantes de su hidratación existen fuerzas de atracción y repulsión, las fuerzas de atracción, dan lugar a la formación de grumos. La adición de pequeñas cantidades de productos orgánicos, reduce la atracción entre partículas y reduce a su vez la cantidad de agua en la mezcla. Los aditivos reductores de agua reaccionan con los productos hidratados formando una capa alrededor del cemento aislándolo a otras partículas de cemento con lo cual se reduce la fuerza de atracción. En general los aditivos reductores de agua son aniónicos y confieren una carga negativa a las partículas de cemento, rechazándose mutuamente.

4.2.2.2 Características y propiedades del aditivo usado

El aditivo usado fue el EUCO 37, proporcionado por la empresa Química Suiza Industrial del Perú S.A. (Para mayores detalles técnicos, en Anexos, ver: «Anexo 4. EUCO 37: Reductor de Agua de Alto Rango - Superplastificante»). EUCO 37 se presenta en forma líquida, según la NTP 334.088 y su equivalente ASTM C-494 se clasifica como tipo “F” Reductores de agua de alto rango.

Descripción: EUCO 37 es un aditivo superplastificante de tercera generación para concreto y mortero a base de policarboxilatos.

Usos: EUCO 37 está especialmente diseñado para la producción de concreto que requiere de un rápido desarrollo de resistencia inicial, alta reducción de agua y excelente trabajabilidad. EUCO 37 es usado para los siguientes tipos de concreto:

- Concreto prefabricado y pretensado.
- Concreto de rápida puesta en servicio.

- Concretos que requieran un rápido desmolde.
- Concreto autocompactante sin necesidad de vibración.

Ventajas: EUCO 37 actúa por diferentes mecanismos. Mediante su absorción superficial y el efecto de separación espacial de las partículas de cemento en paralelo al proceso de hidratación, se obtienen las siguientes propiedades:

- Alta reducción de agua, generando una alta resistencia, densidad e impermeabilidad del concreto.
- Excelente fluidez, reduciendo al mínimo el trabajo en la colocación y compactación.
- Incremento del desarrollo de resistencia inicial.
- Mejoramiento del comportamiento en fluencia y retracción.

EUCO 37 no contiene cloruros en su formulación que genere corrosión por lo que puede ser empleado sin restricciones en concreto armado y pretensado.

Modo de empleo: Dosis recomendada del 0.9 al 2% del peso del cemento. EUCO 37 se presenta listo para su uso y debe incorporarse a la mezcla cuando esta se encuentra mojada dentro del mezclador; se debe agregar al agua y no debe entrar en contacto con el cemento seco.

Datos técnicos: Apariencia: Líquido color café. Densidad: 1.19 kg/lt.

4.2.3. Microsílice

4.2.3.1. Descripción

Las partículas ultra finas denominadas microsílíce, constituyen un sub-producto de la industria del ferro silicio. Se presentan bajo la forma de micro esferas de sílice amorfa, con 90% a 96% de SiO₂, con diámetro promedio del orden de 0,1 micrones y densidad de 2,0 g/cm³. Su acción en el concreto se debe a su alta actividad puzolánica y a la finura de sus partículas, que incrementa la compacidad de las pastas de cemento hidratadas. Es una adición necesaria en concretos de resistencia superior a los 600 kg/cm² llamados de alta resistencia.

4.2.3.2. Características y propiedades del microsílíce usado

El microsílíce usado fue EUCO MICROSILICA, proporcionada por la empresa Química Suiza Industrial del Perú, se presenta en polvo fino de color gris, está

normalizada en el Perú por la NTP 334.087 que tiene como antecedente la Norma ASTM C-1240.

Descripción: EUCO MICROSILICA es una adición en polvo para usarse en concreto. Este producto reacciona químicamente con el hidróxido de calcio en la pasta de cemento, lo cual produce un gel de hidrato de silicato de calcio que mejora de manera significativa la resistencia y durabilidad. Por su alta finura, la microsilice llena el vacío entre las partículas de cemento creando un concreto muy denso y menos permeable.

Usos: Las dos líneas genéricas de utilización de EUCO MICROSILICA, en concreto con la adición de aditivos reductores de agua son:

- La obtención de concretos de alta resistencia.
- La producción de concreto de alta durabilidad, denominados concretos de alta performance.

Otras aplicaciones específicas son: coadyuvante de bombeo, concreto proyectado, obras submarinas, alta impermeabilidad, corrector de finura.

Ventajas: las ventajas ofrecidas por EUCO MICROSILICA, se traducen en los siguientes beneficios:

- Altas resistencias a la compresión y a la flexión a todas las edades para una mejor capacidad estructural.
- Desarrollo de altas resistencias a edades tempranas para tiempos de ciclo de producción más cortos.
- Disminuye la permeabilidad en el concreto para una mejor resistencia a la penetración de agua y sal.
- Mejor resistencia a la abrasión y a químicos para una mayor expectativa de duración en la vida útil del concreto.
- Mayores resistencias al descascaramiento y ciclos de hielo – deshielo.
- Mejora el comportamiento del concreto, incrementa la producción y baja los costos de transporte y avance de obras.
- Aumenta la cohesión y reduce el lavado de finos.

Modo de empleo: Dosis recomendada del 5 al 15% del peso del cemento. EUCO MICROSILICA, es una adición de alta finura, por lo que se debe mezclar dispersándolo completamente con las partículas del cemento. La dispersión adecuada se logra cuando se agrega primero la microsilice en el proceso de mezclado.

Datos técnicos: Apariencia: Polvo gris de textura fina. Gravedad Específica: 2.2. Densidad: 481 kg/m³. Contenido: Microsilíce: 100%. SiO₂ Amorfo: 92 – 98%.

4.2.4. Cemento

El cemento usado fue el Cemento Portland Tipo I (Cementos Sol), en presentación de bolsas de 42.5 kg., producidos por la fábrica de Cementos Lima. Cumple con la NTP 334.009 y ASTM C-150. Las características físicas del cemento usado e presentan en el Cuadro 4.10.

Cuadro 4.10. Características físicas del Cemento Portland Tipo I – Sol.

Característica física	Tipo I - Sol	Requisito ASTM C-150 NTP 334.002
Peso específico (gr/cm ³)	3.15	---
Fineza Malta 100 (%)	0.04	---
Fineza Malta 200 (%)	4.14	---
Superficie especifica Blaine (cm ² /gr)	3480	Mínimo 2800
Contenido de aire (%)	9.99	Máximo 12
Expansión autoclave (%)	0.18	Máximo 0.8
Fraguado inicial Vicat (hr.min)	1.49	Mínimo 0.45
Fraguado final Vicat (hr.min)	3.29	Máximo 6.15
f'c a 3 días (kg/cm ²)	254	124 (12.4 Mpa)
f'c a 7 días (kg/cm ²)	301	193 (19.3 Mpa)
f'c a 28 días (kg/cm ²)	357	275 (27.6 Mpa)
Calor de hidratación 7 días (cal/gr)	70.6	---
Calor de hidratación 7 días (cal/gr)	84.3	---

Fuente: Información proporcionada por el fabricante.

4.3. Preparación del Concreto

4.3.1. Diseño del concreto patrón

Para el diseño del concreto patrón se usó el Método del Peso Unitario Compactado Máximo, de donde se obtuvo la relación agregado fino / agregado grueso = 52/48, se empleó un contenido de cemento igual 630 kg por metro cubico de mezcla de concreto y una relación de agua-cemento de 0.37 para obtener un asentamiento de 3.5 pulgadas. Este diseño no posee en su composición ningún aditivo ni adición.

Tabla 4.3. Dosificación del concreto por m³.

Materiales	Cantidad	Unidad
Agregado Grueso	683.09	Kg.
Agregado Fino	740.01	Kg.
Agua	235.50	Litros
Cemento	630.00	Kg.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Peso unitario compactado de la combinación de los agregados

Esta metodología empírica ayuda a obtener las cantidades en porcentajes de agregado fino y grueso que nos dan el mejor acomodamiento de las partículas de agregado en la mezcla. El peso unitario compactado de la combinación de los agregados se determina combinando diferentes porcentajes de arena y piedra para luego obtener su peso unitario compactado.

Cuadro 4.11. Valores del peso unitario compactado de la combinación de los agregados.

Peso unitario compactado (kg/m³)	Agregado Fino (%)	Agregado Grueso (%)
1749	50	50
1765	52	48
1763	54	46
1755	56	44
1747	58	42

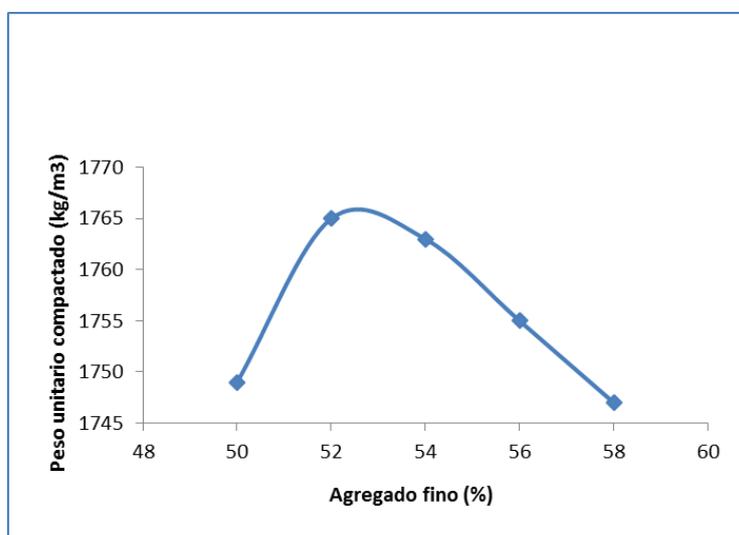


Gráfico 4.3. Peso unitario compactado de la combinación de los agregados.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Diseño del concreto con aditivo

Para el diseño del concreto con aditivo, se mantuvo la misma relación agregado fino/agregado grueso = 52/48, con un contenido de cemento constante e igual a 630 kg/m³, una relación agua-cemento de 0.29 y un dosis de 10.60 Litros de EUCO 37-Superplastificante por m³ de concreto (2% del peso del cemento).

Tabla 4.4. Dosificación del concreto más aditivo por m³.

Materiales	Cantidad	Unidad
Agregado Grueso	733.66	Kg.
Agregado Fino	794.80	Kg.
Agua	184.60	Litros
Cemento	630.00	Kg.
Aditivo Superplastificante	10.60	Litros

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4. Diseño del concreto con aditivo más microsílíce

Para el diseño del concreto con aditivo más microsílíce se mantuvo la misma relación agregado fino/agregado grueso = 52/48, con un contenido de cemento constante e igual a 630 kg/m³, contenido de microsílíce igual a 75.60 kg/m³ (12% del peso del cemento), una relación agua-cemento de 0.29 y un dosis de 12.20 Litros de EUCO 37-Superplastificante por m³ de concreto (2.3% del peso del cemento).

Tabla 4.5. Dosificación del concreto más aditivo y microsílíce por m³.

Materiales	Cantidad	Unidad
Agregado Grueso	689.94	Kg.
Agregado Fino	747.44	Kg.
Agua	183.50	Litros
Cemento	630.00	Kg.
Aditivo Superplastificante	12.20	Litros
Microsílíce	75.60	Kg.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Propiedades del Concreto en Estado Endurecido

4.4.1. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del concreto es la media más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos a la compresión que alcanzan a los 7, 14, 28 y 90 días. La resistencia a la compresión del concreto se calculó dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir su fractura entre el área promedio de su sección transversal.

4.4.2. Valores de la resistencia a la compresión

Los ensayos a compresión se realizaron en especímenes cilíndricos de 4x8 pulgadas (100x200 mm) curados bajo agua y se ensayaron a las edades de 7, 14, 28 y 90 días. Los resultados de los ensayos a compresión se muestran en el Cuadro 4.12.

Cuadro 4.12. Valores de resistencia a la compresión según su edad.

Mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)			
	7 días	14 días	28 días	90 días
Edad (días)				
Concreto Patrón	398	476	585	615
Concreto con aditivo Superplastificante	507	583	634	756
Concreto con aditivo más microsílíce	543	650	784	915

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Interpretación de Resultados

4.5.1. Ensayos preliminares de laboratorio

Se determinaron las propiedades físicas de los agregados fino y grueso. Los porcentajes de arena y piedra a usar en el agregado global se determinaron por el ensayo de máxima compacidad y ensayos de compresión a los 7 días con una relación de a/c de 0.37.

La dosificación del aditivo superplastificante se obtuvo a partir del concreto patrón, con adición de aditivo en diferentes dosificaciones y escogiendo 2% respecto al peso del cemento que fue la que brindó mejores resultados en los ensayos de compresión.

Finalmente el concreto con aditivo más microsílíce se obtuvo a partir del concreto con aditivo, añadiendo la microsílíce en diferentes dosificaciones y el aditivo para reducir la cantidad de agua, siendo la dosificación final de la microsílíce de 12% respecto al peso del cemento y del aditivo del 2.3% respecto al peso del cemento.

4.5.2. Análisis de los agregados

Los resultados provenientes del análisis de los agregados fueron satisfactorios ya que se ajustaron a las normas técnicas tomadas como referencia, con respecto a cada agregado, se obtuvo los siguientes resultados:

Agregado Fino: La curva granulométrica se encuentra dentro de los límites determinados por la NTP 400.012, la curva es tendida el cual indica las bondades del material; además la curva se inclina al lado derecho con tendencia a la arena gruesa. El módulo finza de 3.16 se encuentra del rango óptimo.

Agregado Grueso: La curva granulométrica se encuentra dentro del huso seleccionado de acuerdo a la Norma NTP 400.012. El módulo finza de 7.01 se encuentra del rango óptimo.

Agregado Global: En la combinación de diferentes proporciones entre el agregado grueso y el agregado fino, se eligió la combinación que resulto con el máximo peso unitario compactado con proporciones de 52% de agregado fino y 48% de agregado grueso.

4.5.3. Diseño del concreto patrón

Definido las proporciones del agregado global, se diseñó para diferentes proporciones de cemento, determinándose el más óptimo con un contenido de cemento igual 630 kg por metro cubico de mezcla de concreto y una relación de agua-cemento de 0.37 para obtener un asentamiento de 3.50 pulgadas, que presenta una buena trabajabilidad. Este diseño no posee en su composición ningún aditivo superplastificante ni adición de microsílíce o nanosílíce.

En los ensayos de compresión se obtuvo resistencias incrementales para diferentes días después del mezclado y se obtuvo los resultados presentados en el cuadro y gráfico que prosiguen.

Cuadro 4.13. Resistencia de a la compresión del concreto patrón.

Mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)			
	7	14	28	90
Edad (días)	7	14	28	90
Concreto Patrón	398	495	585	615

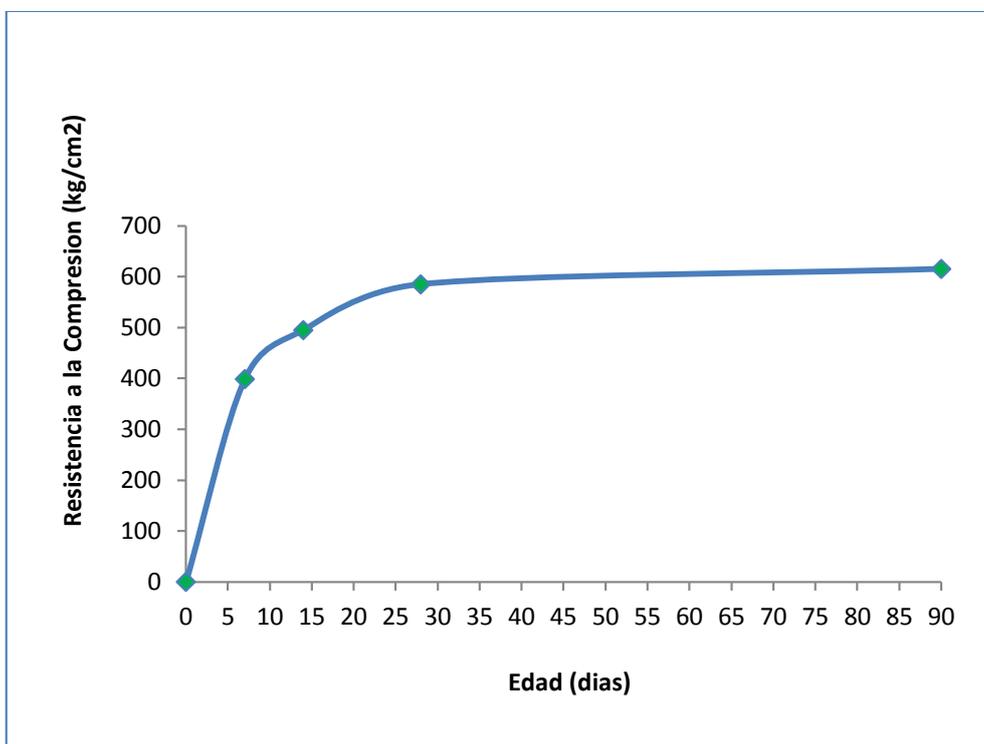


Gráfico 4.4. Variación de la Resistencia a la compresión del concreto patrón.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.4. Diseño del concreto con aditivo superplastificante

Se comprobó que existe una relación de reducción del agua en la mezcla y el concreto patrón, en relación directa a medida que se incrementa la cantidad de aditivo se reduce la cantidad de agua, controlando el asentamiento óptimo de 3 a 4" que garantiza la trabajabilidad del concreto, además tener en cuenta que al agregar aditivo en demasía, la mezcla de concreto se hace pegajosa y se auto compacta con grandes asentamientos, se ensayó para diferentes proporciones de aditivo, manteniendo constante el contenido de cemento igual 630 kg por metro cubico de mezcla de concreto y hallándose una relación de agua-cemento de 0.29 para obtener un asentamiento de 3.40 pulgadas.

En los ensayos de compresión se obtuvo resistencias incrementales para diferentes días después del mezclado y la reducción de agua para diferentes proporciones de aditivo

(1.2%, 1.5% y 2%), los resultados obtenidos para 7, 14, 28 y 90 días se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 4.14. Resistencia de a la compresión del concreto con aditivo al 1.2%.

Mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)			
	7	14	28	90
Edad (días)	7	14	28	90
Concreto con aditivo	408	472	507	620

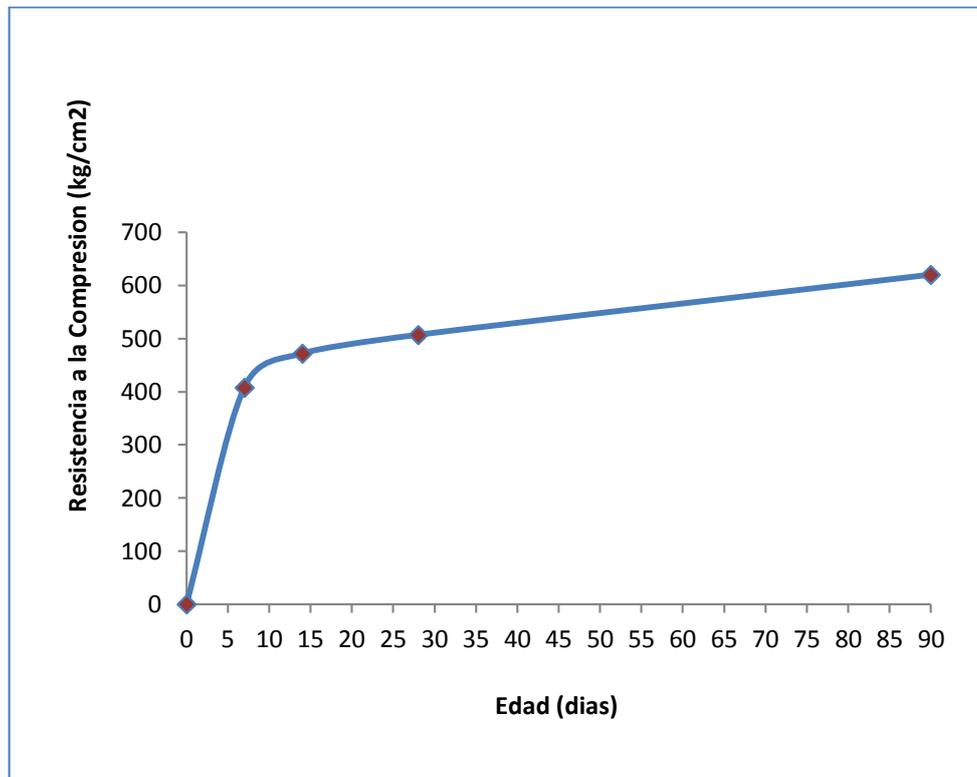


Gráfico 4.5. Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo al 1.2%.

Fuente: Elaboración propia.

- Al 1.5% del peso del cemento.

Cuadro 4.15. Resistencia de a la compresión del concreto con aditivo al 1.5%.

Mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)			
	7	14	28	90
Edad (días)	7	14	28	90
Concreto con aditivo	457	522	574	684

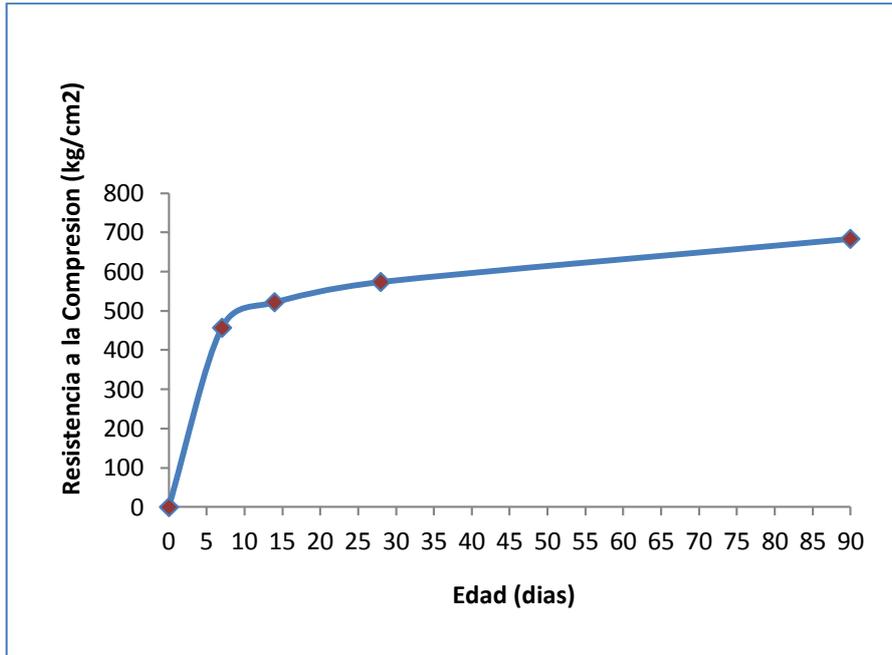


Gráfico 4.6. Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo al 1.5%.

- Al 1.8% del peso del cemento.

Cuadro 4.16. Resistencia de a la compresión del concreto con aditivo al 1.8%.

Mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)			
	7	14	28	90
Edad (días)	7	14	28	90
Concreto con aditivo	483	561	602	722

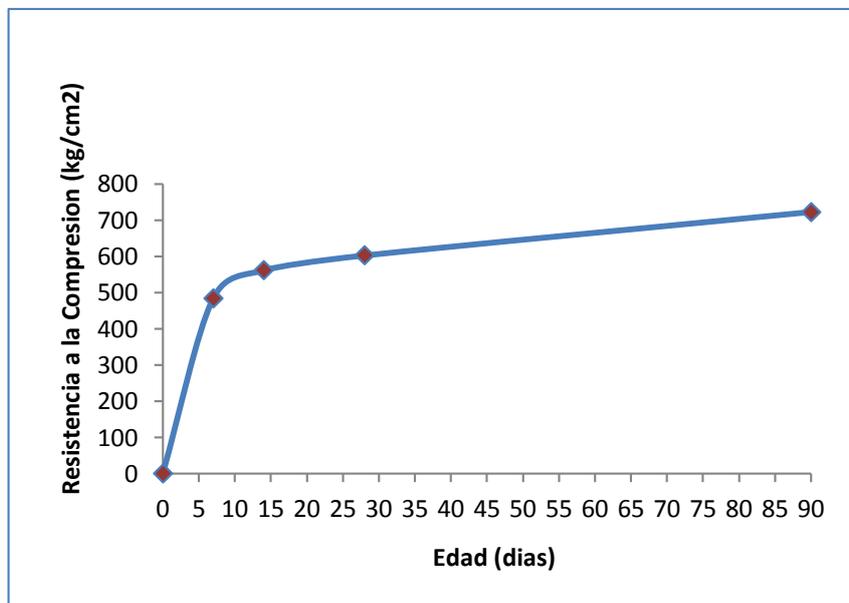


Gráfico 4.7. Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo al 1.8%.

- Al 2% del peso del cemento.

Cuadro 4.17. Resistencia de a la compresión del concreto con aditivo al 2%.

Mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)			
	7	14	28	90
Edad (días)	7	14	28	90
Concreto con aditivo	507	583	634	756

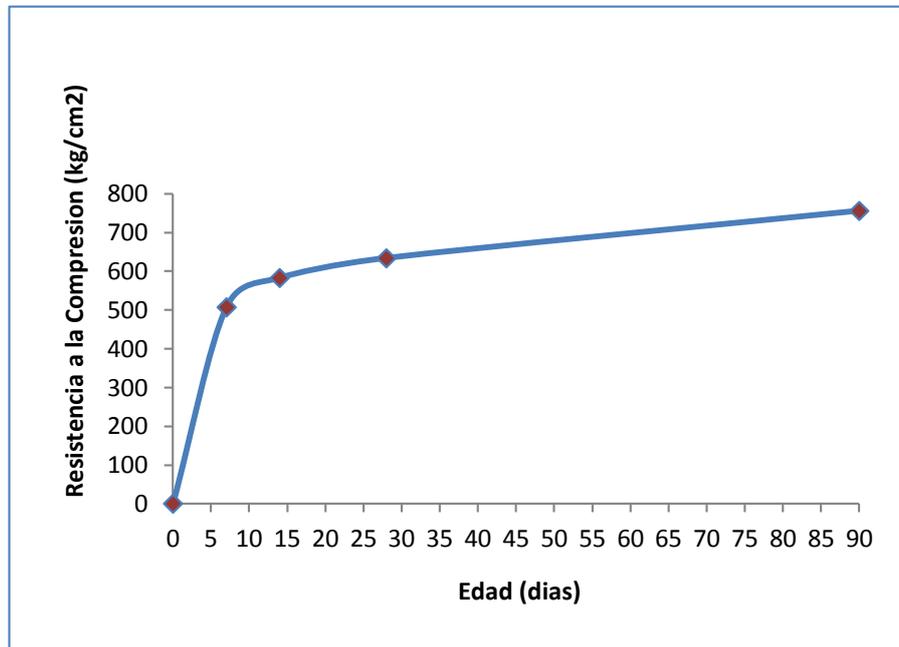


Gráfico 4.8. Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo al 2%.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.5. Diseño del concreto más microsílíce con aditivo superplastificante

Manteniendo constante el contenido de cemento igual 630 kg por metro cubico de mezcla de concreto y adicionando microsílíce en diferentes proporciones en función del peso del cemento y dosis de aditivo superplastificante para la reducción del agua en la mezcla, , controlando el asentamiento óptimo de 3 a 4” que garantiza la trabajabilidad del concreto, luego de los ensayos experimentales se logró un diseño óptimo con una proporción de 12% de microsílíce con una dosis de superplastificante de 2.3% por un mayor requerimiento por la adición de microsílíce, determinándose una relación de agua-cemento de 0.29 para obtener un asentamiento de 3.60 pulgadas.

En los ensayos de compresión se obtuvo resistencias incrementales para diferentes días después del mezclado y la reducción de agua para diferentes proporciones de microsílíce que se muestra en los siguientes cuadros.

- Dosificación del microsílíce:
- Al 10% del peso del cemento.

Cuadro 4.18. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsílíce al 10%.

Mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)			
	7	14	28	90
Edad (días)	7	14	28	90
Concreto con aditivo más microsílíce	524	652	756	901

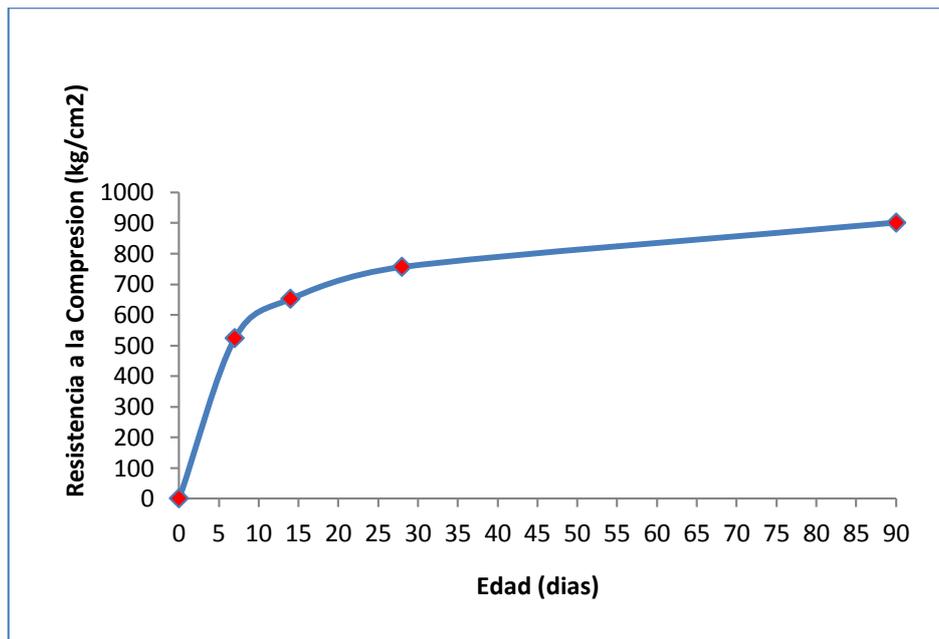


Gráfico 4.9. Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsílíce al 10%.

Fuente: Elaboración propia.

- Al 11% del peso del cemento.

Cuadro 4.19. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsílíce al 11%.

Mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)			
	7	14	28	90
Edad (días)	7	14	28	90
Concreto con aditivo más microsílíce	535	665	765	907

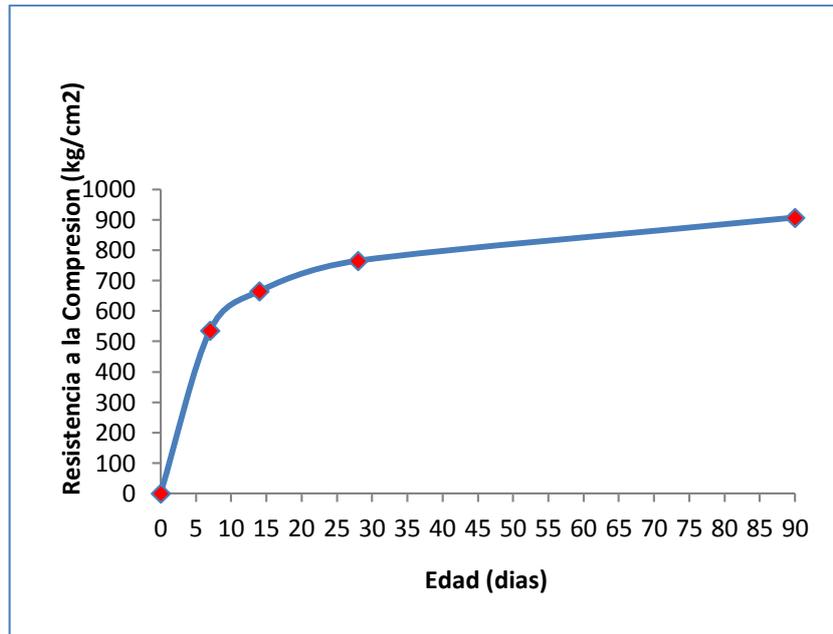


Gráfico 4.10. Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsílíce al 11%.

Fuente: Elaboración propia.

- Al 12% del peso del cemento.

Cuadro 4.20. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsílíce al 12%.

Mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)			
	7	14	28	90
Edad (días)	7	14	28	90
Concreto con aditivo más microsílíce	543	680	784	915

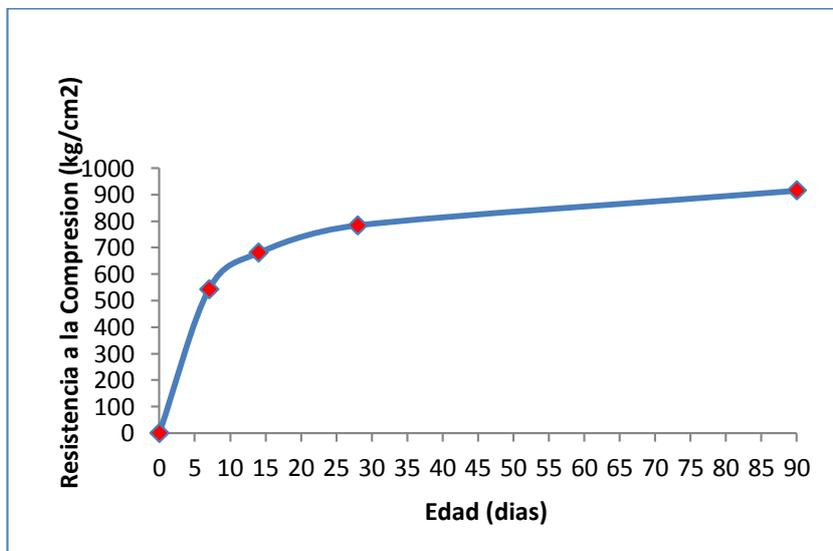


Gráfico 4.11. Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsílíce al 12%.

Fuente: Elaboración propia.

- Al 15% del peso del cemento.

Cuadro 4.21. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsílíce al 15%.

Mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)			
	7	14	28	90
Edad (días)	7	14	28	90
Concreto con aditivo más microsílíce	518	656	764	902

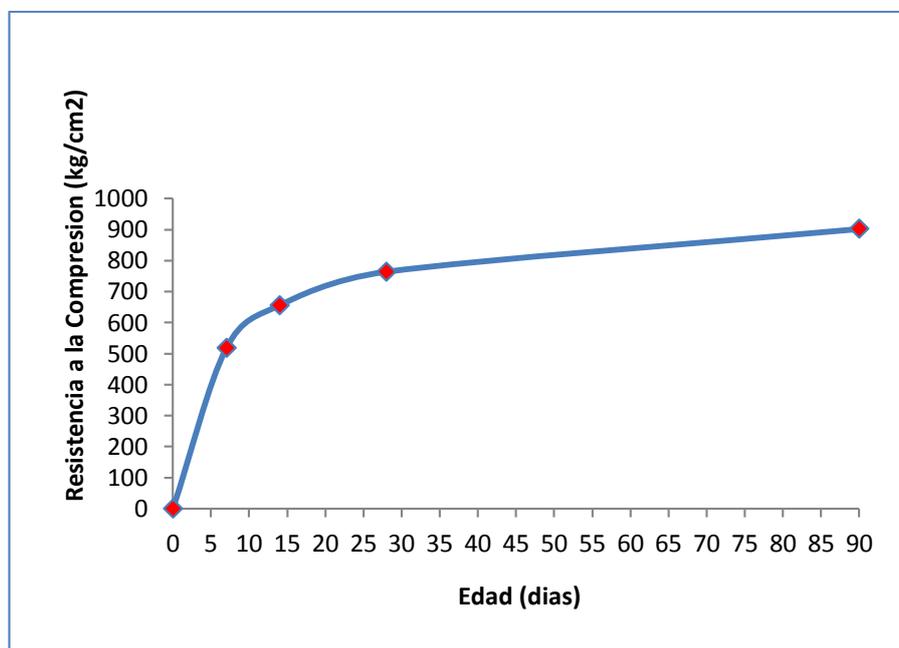


Gráfico 4.12. Variación de la Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsílíce al 15%.

Fuente: Elaboración propia.

4.6. Discusión de Resultados

La discusión de resultados se realizó en términos de la consecución de cada uno de los objetivos planteados y por comparación de los resultados obtenidos en cada uno de los periodos ensayados.

4.6.1. Factibilidad del uso del concreto de alta resistencia

En el ámbito urbano de la provincia de Huaraz (Distritos de Huaraz e Independencia) se vienen desarrollando en la actualidad diversos proyectos de infraestructura y mejora urbana. Teniendo en cuenta los Proyectos Inmobiliarios (PU) en ejecución, se tiene que sus variantes expresados en términos de Proyectos Habitacionales (PIH) y Proyectos Inmobiliarios Comerciales (PIC), no son ajenas a la ciudad, más bien por el contrario su incidencia es mayor (Para mayores detalles en Anexos, ver: «Anexo

8. Desarrollo Inmobiliario en la Ciudad de Huaraz»). Como consecuencia de lo acabado de señalar, se puede inferir que es factible el uso de concretos de alta resistencia en el desarrollo de obras civiles tanto en la ciudad de Huaraz como en las ciudades altoandinas capitales de departamentos, principalmente; esto debido a la cada vez mayor demanda de construcciones verticales que los proyectos inmobiliarios requieren por la escasa disponibilidad de terrenos en dichas ciudades.

4.6.2. Obtención de concretos con resistencias mayores a 280 kg/cm²

Como resultado de la experimentación a los 90 días, y tomando como referencia el concreto patrón, se logró una resistencia a la compresión de 615 kg/cm² para el concreto simple y una resistencia a la compresión de 915 kg/cm² para el concreto de alta resistencia diseñado. Este último es tres veces mayor que la resistencia referencial asumida en la presente investigación; consecuentemente, se logró obtener concretos con resistencias mayores a 280 kg/cm², usando agregados de las zonas aledañas a la ciudad de Huaraz.

4.6.3. Comportamiento estructural del concreto diseñado

Para el concreto patrón, los porcentajes de arena y piedra para el agregado global se determinaron por el método de máxima compactación y ensayos de resistencia a la compresión realizados a los 7 días del mezclado.

Los resultados obtenidos para las resistencias de compresión tanto del concreto patrón como del concreto diseñado, dan cuenta que:

- A los 7 días la resistencia a la compresión para el concreto patrón fue 398 kg/cm², para el concreto con aditivo 507 kg/cm² y para el concreto con aditivo más microsílíce 543 kg/cm².
- A los 14 días, tomando el resultado obtenido para el concreto patrón fue 495 kg/cm², la resistencia a la compresión del concreto con aditivo fue 583 kg/cm² y para el concreto con aditivo más microsílíce 680 kg/cm².
- A los 28 días el resultado obtenido para el concreto patrón fue 585 kg/cm², la resistencia a la compresión para el concreto con aditivo fue 634 kg/cm² y para el concreto con aditivo más microsílíce 784 kg/cm².
- A los 90 días la resistencia a la compresión obtenida para el concreto patrón fue 615 kg/cm²; para el concreto con aditivo 756 kg/cm² y para el concreto con aditivo más microsílíce 915 kg/cm².

El comportamiento estructural comparativo de los concretos diseñados para periodos de 7, 14, 28 y 90 días, relaciona dos a dos las resistencias de compresión de dichos concretos en los mismos periodos de tiempo.

La comparación evolutiva de los concretos diseñados, en términos de sus respectivas Resistencia a la Compresión ($f'c$) del Concreto Patrón Vs Concreto más Aditivo, se presenta en el cuadro que prosigue. Es de recordar que el aditivo determinado como optimo es del 2% del peso del cemento.

Cuadro 4.22. Apreciación del comportamiento estructural del concreto diseñado (Concreto Patrón Vs Concreto más Aditivo).

Periodo	Resistencia a la Compresión ($f'c$)		Variación (%)
	Concreto Patrón (kg/cm^2)	Concreto más Aditivo (kg/cm^2)	
7 días	398	507	27
14 días	495	583	18
28 días	585	634	8
90 días	615	756	23

Fuente: Elaboración propia.

La dosificación del aditivo se obtuvo a partir del concreto patrón, incorporando aquel en diferentes dosificaciones y escogiendo el de mejores resultados. En los ensayos realizados, para adición de superplastificante mayores al 2% se observó que el concreto diseñado pierde trabajabilidad ya que la resistencia de compresión deja de incrementarse; este comportamiento se condice con lo señalado por Morales (2000) quien señala que para la fabricación de concretos de alta resistencia, es necesario reducir la relación a/c a valores menores de 0.40, pudiendo llegar a 0.30; en caso nuestro, la relación optima de a/c resulto siendo 0.29.

Por otro lado, comparando el comportamiento estructural de los concretos diseñados para periodos de 7, 14, 28 y 90 días, es decir, haciendo una comparativa que relaciona dos a dos las resistencias de compresión del Concreto Patrón Vs Concreto + Aditivo + Microsílice; se obtuvo los datos presentados en el cuadro que prosigue. Es de destacar que la dosificación óptima del microsíllice es al 12% del peso del cemento, y que, dicha dosificación se aplica al concreto con aditivo óptimo determinado equivalente al 2% del peso del cemento.

Cuadro 4.23. Apreciación del comportamiento estructural del concreto diseñado (Concreto Patrón Vs Concreto + Aditivo + Microsílice).

Periodo	Resistencia a la Compresión (f'c)		Variación (%)
	Concreto Patrón (kg/cm ²)	Concreto + Aditivo + Microsílice (kg/cm ²)	
7 días	398	543	36
14 días	495	680	37
28 días	585	784	34
90 días	615	915	49

Fuente: Elaboración propia.

El diseño del concreto con aditivo superplastificante más microsílice se obtuvo a partir del concreto con aditivo, añadiendo la microsílice en diferentes dosificaciones hasta obtener el diseño final del concreto de alta resistencia. En los ensayos realizados, para adición de microsílice superior al 12% se observó que el concreto diseñado pierde trabajabilidad ya que el concreto empieza a disminuir su resistencia de compresión; por ejemplo: para 15% de microsílice a los 7 días pasa de 543 kg/cm² a 503 kg/cm²; y, a los 90 días pasa de 915 kg/cm² a 895 kg/cm². Luego, por encima del 12% de microsílice, la fijación de calcio deja de incrementarse, consecuentemente deja de darse la reacción puzolánica en el concreto en diseño; con respecto a este comportamiento es de destacar lo señalado por Morales (2000) cuando destaca que la microsílice posee la propiedad de una puzolana altamente activa que produce una significativa aceleración en la formación de silicatos de calcio hidratado con lo que se incrementa la resistencia a la compresión; pero este aumento de la compresión no es infinita, tiene un tope que para el caso nuestro fue del 12%.

Asimismo, con fines de apreciar el comportamiento estructural del concreto diseñado en sus versiones Concreto + Aditivo (Al 2% del peso del cemento) con el concreto diseñado en su versión Concreto + Aditivo + Microsílice (Al 12% del peso del cemento), se estructuró el cuadro siguiente:

Cuadro 4.24. Apreciación del comportamiento estructural del concreto diseñado (Concreto + Aditivo Vs Concreto + Aditivo + Microsílice).

Periodo	Resistencia a la Compresión (f'c)		Variación (%)
	Concreto + Aditivo (kg/cm ²)	Concreto + Aditivo + Microsílice (kg/cm ²)	
7 días	507	543	9
14 días	583	680	19
28 días	634	784	28
90 días	756	915	26

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro anterior se puede apreciar que la adición de microsílice nos permite obtener hasta un 26% sobre el óptimo del Concreto + Aditivo. En el Gráfico 4.12 se puede distinguir la tendencia creciente por periodo para el concreto patrón, concreto + aditivo y concreto + aditivo + microsílice. A los 90 días, el concreto de alta resistencia sobrepasa en más de dos veces el valor de la resistencia del concreto a los 7 días. A los 90 días se logra la mayor diferencia entre el concreto patrón y el concreto de alta resistencia, logrando este último ganar casi la mitad en resistencia a la compresión. A los 28 días, la diferencia es mínima entre el concreto + aditivo y el concreto patrón.

De acuerdo a lo señalado en el párrafo precedente, se tiene que el comportamiento estructural del concreto de alta resistencia diseñado es tal, que en cada periodo de evaluación, el comportamiento estructural del concreto de alta resistencia es creciente hasta ganar casi la mitad (48,78%) de resistencia adicional a los 90 días, con respecto al concreto patrón.

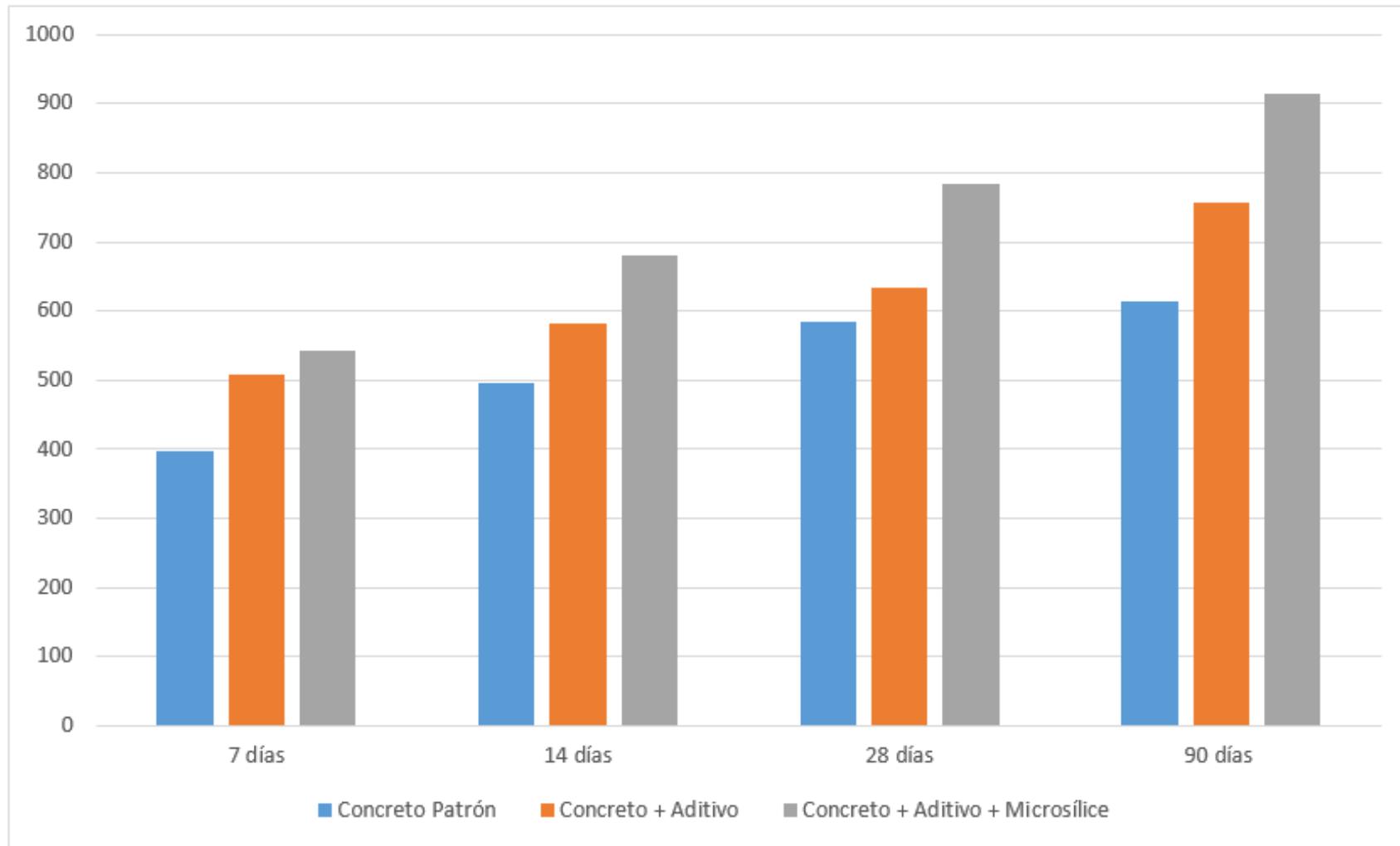


Gráfico 4.13. Variación de la Resistencia a la Compresión del concreto por periodo de tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

4.6.4. Dosificación para lograr el concreto de alta resistencia óptimo

El logro de la máxima resistencia a la compresión, es decir, el logro de la resistencia óptima o deseada, permitió conocer datos relevantes con respecto a la dosificación, los cuales, son:

- Se evidencia que con el uso de aditivo superplastificante (relación $A/C=0.37$), se ha logrado reducir el agua en un 22% en comparación con el diseño del concreto patrón (relación $A/C=0.29$).
- La dosificación del aditivo se eligió del 2% respecto al peso del cemento, con la que se logró los mejores resultados; para el diseño del concreto con aditivo más microsílíce se dosificó con 2.3% respecto al peso del cemento, debido al incremento de microsílíce del 12% con respecto al peso del cemento, es necesario usar mayor aditivo para mantener la trabajabilidad del concreto.
- Se logró un mejor desempeño a la resistencia a la compresión del diseño del concreto con aditivo superplastificante más microsílíce ($f'c= 915 \text{ kg/cm}^2$) en comparación con la resistencia a la compresión del diseño concreto con aditivo superplastificante ($f'c= 756 \text{ kg/cm}^2$) a una edad de 90 días.

Finalmente, con respecto a determinar la dosificación adecuada de los concretos de alta resistencia para lograr el comportamiento estructural deseado en la ciudad de Huaraz, la mejor forma de hacerlo es en términos de la resistencia a la compresión lograda y en cuanto esta se acerca a la resistencia deseada u óptima; por otro lado, para las zonas altoandinas del Perú, resulta beneficioso el recurrir a las canteras locales o más cercanas a la zona de intervención.

Capítulo V

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

5.1. Conclusiones

- Con respecto a demostrar la factibilidad de usar concretos de alta resistencia en el desarrollo de obras civiles de la ciudad de Huaraz, se tiene que: es factible usar concretos de alta resistencia ya que los proyectos inmobiliarios comerciales y proyectos inmobiliarios habitacionales en la zona metropolitana (Distritos de Huaras e Independencia) lo requieren; en ese sentido, dichas construcciones inmobiliarias se beneficiarían del uso de concretos de alta resistencia, ya que se pasaría de una resistencia para el concreto sin aditivo ni microsílíce de 615 kg/cm^2 (100%), a un concreto con resistencia de 915 kg/cm^2 (149%).
- Con respecto, a obtener concretos con resistencias mayores a 280 kg/cm^2 , usando agregados de las zonas aledañas a la ciudad de Huaraz; se obtuvo que, con agregados de la zona, los concretos sin adición de aditivos y microsílíce alcanzaron una resistencia a la compresión de 585 kg/cm^2 a los 28 días.
- En cuanto a determinar el comportamiento estructural del concreto de alta resistencia diseñado; los resultados fueron:
 - * La resistencia a la compresión se incrementa conforme se usa aditivos y adiciones.
 - * La resistencia del concreto patrón a los 28 días es de 585 kg/cm^2 (100%).
 - * El concreto patrón más aditivo (2 %) a los 28 días es de 634 kg/cm^2 (108%).
 - * El concreto patrón con aditivo (2.3%) más microsílíce (12%) a los 28 días es de 784 kg/cm^2 (125%).
- En cuanto a determinar la dosificación adecuada de los concretos de alta resistencia para lograr el comportamiento estructural deseado en las zonas altoandinas del Perú; se obtuvo que la dosis óptima de microsílíce encontrada es de 12% con lo cual se obtiene la máxima resistencia a la compresión de 915 kg/cm^2 a los 90 días.

- Otras conclusiones a las que se llegó como resultado de ejecutar la investigación, son las siguientes:
 - * Los materiales usados como los agregados, cemento, aditivos y agua son convencionales, es decir se encuentran en la zona lo que da mayor aplicabilidad a estos concretos de alta resistencia.
 - * El aditivo superplastificante en una dosis del 2% en peso del cemento reduce la cantidad de agua en 22% con respecto al diseño del concreto patrón.
 - * Los concretos con aditivos superplastificantes retardantes de alto rango alcanzaron una resistencia a la compresión del orden de 634 kg/cm² a los 28 días, el incremento aproximado es del 8% con respecto al concreto sin aditivo (585 kg/cm²).
 - * En concretos de alta resistencia el incremento de la resistencia a la compresión a una edad de 90 días; se logra los mejores desempeños; en la resistencia del concreto patrón es de 615 kg/cm² (100%); el concreto patrón más aditivo (2 %) es 756 kg/cm² (123%); y el concreto patrón con aditivo (2.3%) más microsílíce es de 915 kg/cm² (149%).
 - * La alta resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido, se debe a una buena dosificación y al empleo de un aditivo superplastificante más la microsílíce. La adecuada combinación de materiales de buena calidad, con aditivos (superplastificantes) y adiciones (microsílíce) han permitido obtener un buen desempeño para los concretos de alta resistencia.

5.2. Sugerencias

- En la elaboración de la mezcla del concreto; usar elementos de seguridad en el momento de agregar la microsílíce, debido a su finura es tóxica y se generan desperdicios por ser expansivos.
- Continuar con las investigaciones respecto a las resistencias del concreto que se podrían alcanzar incrementando el asentamiento, para concreto lanzados o bombeados, con el uso de nanosílíce.

- Para el logro de la obtención de buenos resultados en un concreto de alta resistencia, se debe tener como prioridad principal la calidad de los materiales como el del cemento que debe ser fresco y no presentar grumo, las partículas de los agregados no deben ser planas las cuales deben tener una forma de cuboides.
- Cuando se realiza los ensayos a compresión, prever la seguridad, pues al tratarse de concretos de alta resistencia las probetas o testigos son muy frágiles y estallan.
- Investigar los efectos de la fragmentación de las rocas debido a las tensiones producidas al congelarse agua contenida en sus grietas, fracturas y poros (Gelifracción o gelivación), la consideración de este fenómeno es importante ya que debido a las características climatológicas en las zonas altoandinas, el agua de lluvia, deshielo o rocío pueden introducirse en las oquedades del concreto, afectando su resistencia a la compresión bajo condiciones de trabajo.
- Investigar la performance de los concretos de alta resistencia elaborados con polvos de cuarzo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banco Mundial (2004). Reseña sobre la infraestructura. Actualizado en septiembre de 2004. Disponible en: <http://www.bancomundial.org/temas/resenas/infraestructura.htm> [Consulta: 12 de mayo de 2014].
- Carpio Utrilla, C. J. (2008). Investigación sobre los concretos de alta resistencia efectuada en la UAM Azcapotzalco. En: Administración y Tecnología para el Diseño: Anuario 2008. México: Departamento de Procesos y Técnicas de Realización de la Universidad Autónoma Metropolitana.
- Castrillo Osorio, E. N. y Ulloa López, H. A. (2006). Caracterización Geotécnica para Propósitos de Cimentación, en el Sitio donde se Proyecta la Construcción del Estadio Nacional de Fútbol, en la UNAN Managua. Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Cementos Mexicanos. S.A. (2012). Manual del Constructor. México: CEMEX.
- Cerón Suárez, Z. A. (2013). Análisis probabilístico del concreto de alta resistencia (Trabajo de Grado). Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Recuperado el 13 de mayo de 2016 desde <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1081/2/>
- Fondo MIVIVIENDA (2009). Estudio de mercado de la vivienda social en la ciudad de Huaraz. Lima: Oficina de Investigación y Desarrollo del Fondo MIVIVIENDA.
- Gómez Martínez, M. A. (2011). Diseño Estructural de Edificios Altos Tipo Torre empleando Concreto de Alta Resistencia. Tesis para obtener el título de ingeniero civil. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado el 10 de abril de 2013 desde <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/474>
- González Cuevas, O. M. (2003). Análisis Estructural. México: Limusa – Noriega Editores.
- Google Map Data (2016). [Termino de búsqueda: Pariahuanca, Carhuaz]. Disponible en: <https://www.google.com.pe/maps/place/Pariahuanca/@-9.3652109,-77.5864363,16z/> [Consulta: 10 de abril].

- Hernández Montes, E. y Gil Martín, L. M. (2007). Hormigón Armado y Pretensado Concreto Reforzado y Pre esforzado. Granada: Grupo de Investigación TEP-190 Ingeniería e infraestructuras.
- Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la Investigación (5ta Ed.). México: Mc. Graw Hill - Interamericana.
- Huincho Salvatierra, E. (2011). Concreto de Alta Resistencia usando Aditivo Superplastificante, Microsílice y Nanosílice con Cemento Portland Tipo I (Tesis de Grado). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. (2009). Manual de Detallamiento para Elementos de Hormigón Armado. Santiago: ICH.
- Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (2016). Áncash: Población 2000-2015. Disponible en: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/> [Consulta: 12 de enero].
- Inversiones MG. SAC. (Consultora) (2013). Plan de Desarrollo Municipal Provincial Concertado Huaraz al 2021. Huaraz: Municipalidad Provincial de Huaraz.
- Jaramillo Patiño, D. F. (2014). Filosofía de la Ingeniería: Una disciplina profesional en construcción. En: Revista INGE CUC, Vol. 10, N° 1, pp. 9-18.
- Linares Faustinos, M. A. (2011). La clasificación de las obras de infraestructura de ingeniería civil. Disponible en: <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/02/de-las-obras-de-infraestructura-y-su.html> [Consulta: 13 de junio de 2013].
- Llopiz, C. R. (2009). Hormigón I: Filosofía del diseño para estructuras de hormigón armado. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo.
- Millones Prado, A. A. (2008). Concreto de Alta Densidad con Súper Plastificante (Tesis de Grado). Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2009). Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado. Dado en Lima, mediante Decreto Supremo 010-2009-VIVIENDA del 08 de mayo.

- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: SENCICO.
- Morales Alfaro, M. P. (2000). Investigación del Concreto de Alta Resistencia: Metodología de obtención y determinación de las propiedades de los concretos de 550-1220 kg/cm² (Tesis de Grado). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- National Ready Mixed Concrete Association (2011). El Concreto en la Práctica: ¿Que, por qué y cómo? Traducción de la Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado. Bogotá: FIHP.
- Olivera Espinoza, E. A. (2016). Desarrollo de proyectos inmobiliarios en el Perú e incorporación de la figura del comercializador como parte de la estructura del mercado eléctrico (Tesis de Grado). Callao: Universidad Nacional del Callao.
- O'reilly Díaz, V. A.; Bancrofft Hernández, R. A. y Ruiz Gutiérrez, L. (2010). Las tecnologías del concreto en su ciclo de vida. En: Concreto y Cemento; Vol. 1 Núm. 2; enero – junio; pp.42–47.
- Ottazzi Pasino, G. (2004). Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado (Tesis de Maestría). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Química Suiza Industrial (2010). Catalogo: Aditivos para concreto y morteros. Lima: QSI.
- Ramírez Hidalgo, C. E. (2006). Cadenas Productivas como una Solución de Financiamiento para la Obra Pública (Tesis de Grado). Puebla: Universidad de las Américas Puebla. Extraído el 12 de mayo de 2013 desde http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/ramirez_h_ce/
- Rivera López, G. A. (2010). Concreto simple. Popayán: Universidad del Cauca.
- Rochel Awad, R. (2001). Análisis de la Filosofía del Diseño Sísmico en Colombia: Construcciones en hormigón. En: Revista Universidad EAFIT N° 123, julio - setiembre; pp.35-46.

- Rivva López, E. (2002). *Concretos de Alta Resistencia*. Lima: Fondo Editorial del Instituto de la Construcción y Gerencia.
- San Bartolomé, A. (1998). *Análisis de Edificios*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sánchez Muñoz, F. L. y Tapia Medina, R. D. (2015). *Relación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto a edad de 28 días (Tesis de Grado)*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Taltavull De la Paz, P. (1996). *Construcción y vivienda en España, 1965-1995: dos modelos de comportamiento del mercado inmobiliario*. Alicante, España: Departamento de Análisis Económico Aplicado de la Universidad de Alicante.
- The Euclid Chemical Company (2015). *Catálogo General de Productos EUCO 2015-2016*. Tultitlán, México: EUCOMEX S.A. DE C.V., 2015. Recuperado el 13 de mayo de 2016 desde <http://www.eucomex.com.mx/PDF/Eucon%20MSA.pdf>
- Torres Bardales, C. (2002). *Orientaciones Básicas de Metodología de la Investigación Científica (8va Ed.)*. Lima: Libros y Publicaciones.
- Vilca Aranda, P. A. (2008). *Obtención del Concreto de Alta Resistencia (Tesis de Grado)*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

ANEXOS

Anexo 1. Determinación de la Desviación Estándar de la Muestra

Cuando se dispone de registros de ensayos, debe establecerse la desviación estándar de la muestra (S_s). Los registros de ensayos a partir de los cuales se calcula S_s , deben cumplir las siguientes condiciones:

- (a) Deben representar los materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a las esperadas. Las variaciones en los materiales y en las proporciones dentro de la muestra no deben haber sido más restrictivas que las de la obra propuesta.
- (b) Deben representar a concretos producidos para lograr una resistencia o resistencias especificadas, dentro del rango de ± 7 MPa de $f'c$.
- (c) Deben consistir en al menos 30 ensayos consecutivos, o de dos grupos de ensayos consecutivos totalizando al menos 30 ensayos.

Cuando no se dispone de registros de ensayos que se ajusten a los requisitos anteriores, pero sí se tenga un registro basado en 15 a 29 ensayos consecutivos, se debe establecer la desviación estándar de la muestra (S_s), como el producto de la desviación estándar calculada de la muestra por el factor de modificación correspondiente. Para que sean aceptables, los registros de ensayos deben ajustarse a los requisitos (a) y (b), y deben representar un solo registro de ensayos consecutivos que abarquen un período no menor de 45 días calendarios consecutivos.

Número de ensayos (*)	Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra (+)
Menos de 15	Emplear los criterios de la columna derecha del Cuadro 3 (Presentado en Capítulo II).
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 o mas	1,00

Fuente: Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado; p.29.

- (*) Se permite interpolar para un número de ensayos intermedios.
- (+) Desviación estándar de la muestra modificada (S_s), para usarse en la determinación de la resistencia promedio requerida ($f'cr$), cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.

Anexo 2. Datos Técnicos del Concreto Profesional de Alta Resistencia

DATOS TÉCNICOS

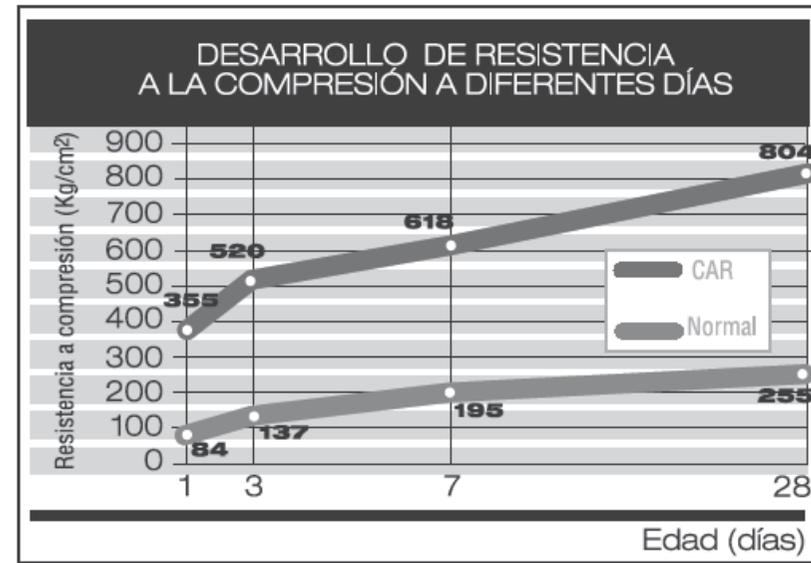
CONCRETO FRESCO

- El fraguado es ligeramente mayor al concreto normal lo que permite manejarlo, colocarlo y darle acabado sin problema.
- Alta cohesividad de la mezcla en estado fresco.
- Revenimiento de hasta 25 cm, lo que nos permite colocarlo sin problema.

CONCRETO ENDURECIDO

- Valores de resistencias a la compresión desde 400 hasta 900 kg/cm².
- Resistencias superiores a las referidas se pueden lograr de acuerdo a cada proyecto.

Las características descritas en esta ficha son los datos generales.



Fuente: Manual del Constructor; p.192.

Anexo 3. Galería de Imágenes

En el siguiente anexo se presenta imágenes ilustrativas del trabajo de campo realizado.



Imagen A.3.1. Ubicación geográfica de la cantera «Orión».

Fuente: Google Map Data (2016).



Una cantera es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridas. Las canteras suelen ser explotaciones de pequeño tamaño, aunque el conjunto de ellas representa, probablemente, el mayor volumen de la minería mundial.

Imagen A.3.2. Cantera «Orión» con un sistema mecanizado.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.3. Presentación de la selección de los agregados en la cantera «Orión».

Fuente: Fotografiado propio.



El ensayo de granulometría de los agregados permite la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agredo fino y grueso y en base a ello, obtener tanto el modulo de finura como el tamaño máximo nominal.

Imagen A.3.4. Ensayos de granulometria en los agregados grueso y fino.

Fuente: Fotografiado propio.



El ensayo de peso unitario compactado de los agregados permite la determinación del agregado compactado que puede contenerse en un volumen unitario.

Imagen A.3.5. Ensayo de peso unitario seco compactado de los agregados.

Fuente: Fotografiado propio.



El ensayo para determinar el peso específico de los agregados, que se expresa también como densidad, es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento.

Imagen A.3.6. Ensayos para determinar el peso específico de los agregados.

Fuente: Fotografiado propio.



El ensayo de abrasion de Los Ángeles se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo de desgaste de los agregados gruesos hasta de 37.5 mm (1 ½") por medio de la llamada máquina de Los Ángeles.

Imagen A.3.7. Maquina usada en el ensayo de abrasion de Los Ángeles.

Fuente: Fotografiado propio.



El resultado del ensayo (% desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de Los Ángeles. Calcúlese tal valor así: % Desgaste = 100 (P1 - P2) / P1.

Imagen A.3.8. Proceso de determinacion del coeficiente de desgaste de los agregados.

Fuente: Fotografiado propio.



El ensayo del peso unitario compactado de la combinacion de agregado, esta metodologia empirica ayuda a obtener las cantidades en porcentajes de agregado fino y grueso que nos dan el mejor acomodamiento de las particulas de agregado en la mezcla.

Imagen A.3.9. Ensayo del peso unitario compactado de la combinacion de agregados.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.10. Verificacion del diseno de mezcla con la mejor combinacion de agregados.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.11. Gradacion de los agregados grueso y fino.

Fuente: Fotografiado propio.



Los superplastificantes son aditivos derivados de los formados melamina o naftaleno que tienen la propiedad de darle a la mezcla una gran plasticidad al liberar el agua sujeta a los otros materiales integrantes de ella, conocido como aditivo reductor de agua de alto rango que permite aumentar la resistencia del concreto. La microsilice es una sílice no cristalina muy fina producida por hornos de arco eléctrico como subproducto de la fabricación de silicio metálico o ferro silicio; son usados para concretos de alta resistencia para propósitos estructurales.

Imagen A.3.12. Aditivos superplastificantes y adiciones de microsilice.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.13. Preparacion de la muestra, para obtener concreto de alta resistencia.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.14. Control del peso de los agregados grueso y fino.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.15. Dosificación del Cemento y el Microsilice.

Fuente: Fotografiado propio.



Los aditivos plastificantes y superplastificantes de concreto, son aditivos para concreto capaces de mejorar las propiedades del concreto. Se emplean para conferir al concreto fresco un mejor comportamiento en cuanto a trabajabilidad y bombeabilidad, pero también se busca con su uso mejorar significativamente la resistencia y la durabilidad del concreto final.

Imagen A.3.16. Proceso de dosificación del aditivo superplastificante.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.17. Dosificación del volumen de agua y Aditivo superplastificante EUCO 37.
Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.18. Preparación de la muestra con el colocado de agregados en la mezcladora.
Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.19. Adición de cemento y microsilice para la preparación del concreto de alta resistencia.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.20. Adición de agua en la mezcla del concreto.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.21. Inclusion del aditivo superplastificante en la preparacion de la mezcla.

Fuente: Fotografiado propio.



El asentamiento de diseño para los diversos tipos de concreto realizados en el presente trabajo de investigación se controló en el rango de 3" a 4", considerando así a la mezcla con consistencia plástica, además con el uso de superplastificante se pudo mantener el asentamiento en este rango y a la vez reducir la cantidad de agua..

Imagen A.3.22. Ensayo de consistencia de la mezcla de concreto.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.23. Ensayo de consistencia con el cono de abrams.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.24. Toma de muestra en los moldes de 10 cm. x 20 cm.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.25. Nivelacion de la superficie de la muestra ensayada.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.26. Curado de las muestras de concreto de alta resistencia.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.27. Muestras del concreto patron.

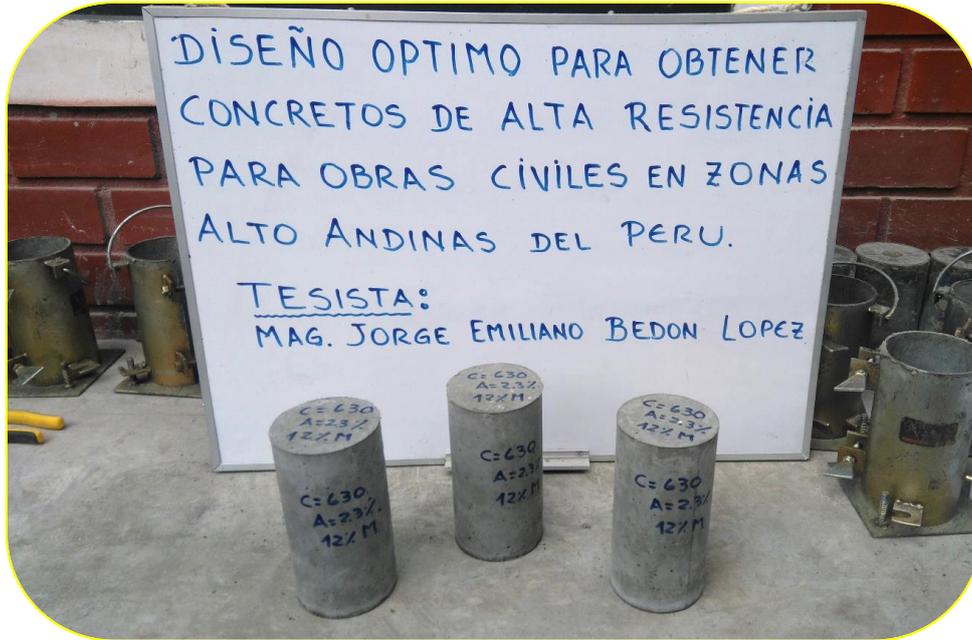
Fuente: Fotografiado propio.



La aplicación de los súper-plastificantes al concreto se realiza principalmente para lograr un incremento de resistencia en el mismo.

Imagen A.3.28. Muestras del concreto con aditivo superplastificante al 2%.

Fuente: Fotografiado propio.



La **MICROSILICA** o *microsilice*, es un aditivo mineral compuesto a base de Humo de Sílice seca y compactada, formulado para producir concreto con características especiales. La **MICROSILICA** mejora las propiedades del concreto de dos formas: formando más gel del silicato del calcio para mejorar la resistencia y la impermeabilidad del concreto o llenando los vacíos entre las partículas de cemento obteniéndose un concreto extremadamente denso e impermeable.

Imagen A.3.29. Muestras de concreto con microsilice y aditivo superplastificante.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.30. Maquina de compresion para ensayos de concreto endurecido.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.31. Colocacion de neopreno en la superficie de las muestras de concreto.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.32. Control de la nivelacion vertical y horizontal en la muestra de concreto.

Fuente: Fotografiado propio.



Imagen A.3.33. Aplicación de la carga a compresion en la maquina de ensayo.

Fuente: Fotografiado propio.

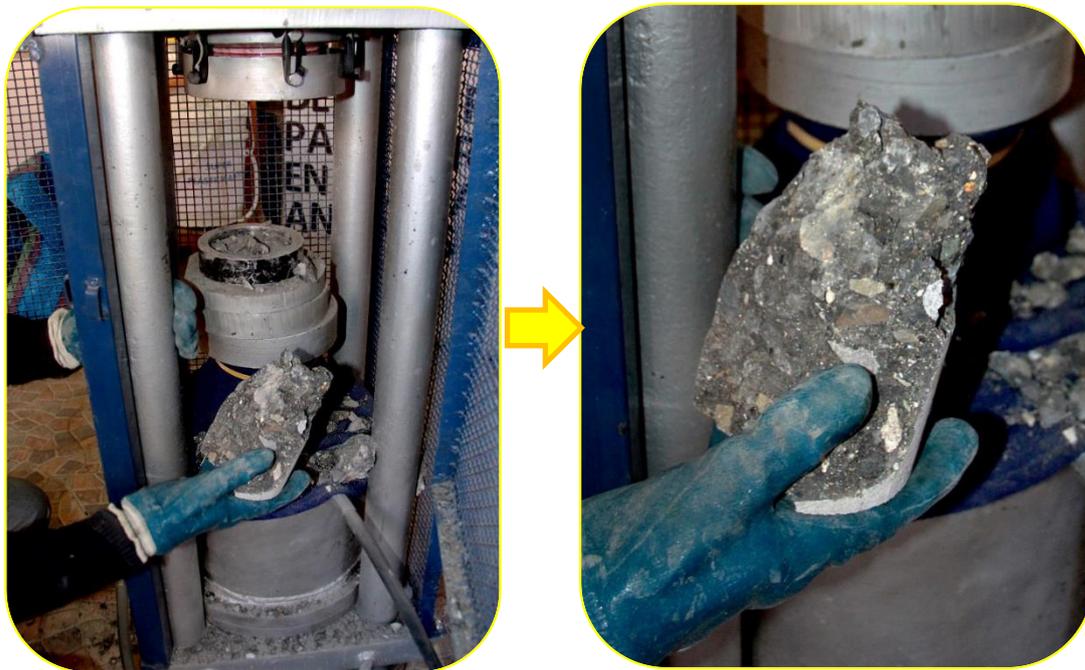


Imagen A.3.34. Falla a compresion, luego del ensayo en la muestra del concreto.

Fuente: Fotografiado propio.



CONVERSION DE BARES A KG/CM2 PARA RESISTENCIA DEL CONCRETO				
BARES	KG/CM2	D=26.65 CM.	DP=10 CM.	RESISTENCIA (KG/CM2)
30	30.59	17064.16	10.00	217.27
40	40.79	22752.21	10.00	289.69
50	50.99	28440.26	10.00	362.11
55	56.08	31284.28	10.00	398.32
58	59.14	32990.70	10.00	420.05
60	61.18	34128.31	10.00	434.54
62	63.22	35265.92	10.00	449.02
64	65.26	36403.53	10.00	463.50
65	66.28	36972.34	10.00	470.75
66	67.30	37541.14	10.00	477.99
68	69.34	38678.75	10.00	492.47
69	70.36	39247.56	10.00	499.72
70	71.38	39816.36	10.00	506.96
75	76.48	42660.39	10.00	543.17
80	81.58	45504.41	10.00	579.38
85	86.68	48348.44	10.00	615.59
86	87.70	48917.25	10.00	622.83
87	88.72	49486.05	10.00	630.08
88	89.74	50054.86	10.00	637.32
90	91.77	51192.47	10.00	651.80
100	101.97	56880.52	10.00	724.23
105	107.07	59724.54	10.00	760.44
110	112.17	62568.57	10.00	796.65
120	122.37	68256.62	10.00	869.07
130	132.56	73944.67	10.00	941.49
135	137.66	76788.70	10.00	970.00
140	142.76	79632.73	10.00	998.51
150	152.96	85320.78	10.00	1071.02
160	163.15	91008.83	10.00	1143.53
170	173.35	96696.88	10.00	1216.04
180	183.55	102384.93	10.00	1288.55
190	193.75	108072.98	10.00	1361.06
200		113761.03	10.00	1433.57

Imagen A.3.35. Resistencia a la compresion en la muestra del concreto, $f^c = 915.42 \text{ kg/cm}^2$.

Fuente: Fotografiado propio.

Anexo 4. EUCO 37: Reductor de Agua de Alto Rango - Superplastificante

En lo que prosigue se detalla los aspectos técnicos del superplastificante usado como aditivo en la obtención del concreto de alta resistencia.

EUCO 37

REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO - SUPERPLASTIFICANTE

DESCRIPCION

EUCO 37 es un aditivo reductor de agua de alto rango, súper plastificante y optimizador de mezclas de cemento (reducciones altas de cemento/m³).

APLICACIONES PRINCIPALES

Como Súper plastificante
Proporciona a la mezcla del concreto un incremento en el asentamiento (slump) sin necesidad de agregar más agua, facilitando la colocación del mismo haciéndolo apto para el bombeo.

Como Reductor de Agua de Alto Rango
Permite reducir hasta aproximadamente un 30% de agua logrando obtener un concreto con trabajabilidad, impermeabilidad y con altas resistencias en todas las edades (Resistencia a la compresión, flexión y tracción).

Como Ahorrador de Cemento
Al disminuir la cantidad de agua - Relación a/c se consigue un incremento en las resistencias. Al reducir cemento manteniendo la relación a/c inicial se consiguen iguales o superiores resistencias a las diseñadas según patrón reduciendo el costo por metro cúbico de concreto.

CARACTERISTICAS/BENEFICIOS

Como Súper plastificante
Proporciona manejabilidad para bombear las mezclas a largas distancias.
Se puede re dosificar hasta 3 veces el aditivo en la mezcla, sin exceder la dosis máxima. Estas dosificaciones se pueden añadir a pie de obra ante la pérdida de fluidez de la mezcla.
Adicionado en la planta, permite que el concreto sea transportado a largas distancias.
Por el alto asentamiento (slump) que proporciona al concreto permite una buena colocación del mismo evitando la formación de cangrejeras. Incrementa la cohesividad del concreto fluido así también disminuye la segregación.

Como Reductor de Agua de Alto Rango
Reduce la permeabilidad del concreto.
Incrementa la resistencia a la compresión.
Mejora el acabado del concreto (textura).

INFORMACION TECNICA

Apariencia : Líquido
Color : Marrón oscuro
Densidad : 1.19 kg/l
Solubilidad : Soluble en agua

DOSIFICACION

EUCO 37 se dosifica del 0.5 al 2.0% del peso del cemento, de acuerdo a las características deseadas.
Se recomienda realizar ensayos previos en la obra para determinar la dosificación adecuada, lo cual puede ser diferente a las dosificaciones recomendadas.
Los resultados varían debido a las diversas condiciones de cada obra y tipo de materiales empleados.
Cualquier consulta contacte al departamento de Construcción Química Suiza.

RESULTADOS TIPICOS DE INGENIERIA

Los siguientes resultados fueron obtenidos en condiciones de laboratorio.

Resistencias		Compresión
3 días		140-160%
7 días		130-150%
28 días		125-135%
Tiempo de Fraguado		
Fraguado Inicial		+30 min.
Fraguado Final		+30 min.

Resultados comparado con la mezcla de concreto de referencia.

PRESENTACION

Cilindro 250kg 55.5 galones.*
Balde 20kg 4.4 galones.*

*galones americanos aproximados.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

1 año. **EUCO 37** debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.

ESPECIFICACIONES/NORMAS

EUCO 37 se clasifica según norma ASTM C-494, como tipo A y F.

DIRECCIONES PARA SU USO

- **EUCO 37** se presenta listo para su uso y debe incorporarse a la mezcla cuando ésta se encuentra mojada dentro del mezclador, ya sea en la planta o en la obra.
- **EUCO 37** no se utiliza cloruros en su formulación.
- Agregue **EUCO 37** al agua restante del amasado de la mezcla o directamente. No debe entrar en contacto directo con el cemento seco.
- Se deben hacer ensayos previos en laboratorio con el fin de establecer la dosis que alcanza los efectos de fluidez o reducción de agua deseados.

Concreto de Alta Resistencia

- Dosificación - Colocar todos los materiales para la elaboración del concreto en el orden correcto en la mezcladora con aproximadamente un 70% de agua de mezclado y mezcle por cinco (5) minutos ó 70 revoluciones. Agregue cuidadosamente el agua adicional para obtener el revenimiento necesario y mezcle por otros tres (3) minutos.
- Dosifique **EUCO 37** a razón de 0,9% al 2,0% del peso del cemento.
- Estas mezclas de baja relación agua/cemento pueden ser colocadas a asentamientos entre 6 a 9 pulgadas (152-229mm).

Concreto Convencional

- Colocar todos los materiales para la elaboración del concreto en el orden correcto en la mezcladora y mezcle por cinco (5) minutos ó 70 revoluciones para lograr una mezcla homogénea. Agregue y mezcle por un (1) minuto adicional.
- Dosificación - Utilícelo a razón de 0.5% -0.7%.
- El asentamiento inicial generalmente estará entre 3 a 4 pulgadas (76-102mm). Estas mezclas, con una relación agua/cemento de 0.45 - 0.50 con frecuencia se utilizan para pisos y losas, en las que se requiere minimizar el contenido de agua, retracción y agrietamiento.

CONCRETO FLUIDO

- Colocar todos los materiales para la elaboración del concreto en el orden correcto en la mezcladora y mezcle por cinco (5) minutos ó 70 revoluciones para lograr una mezcla de asentamiento de 3 pulgadas (76 mm). Agregue **EUCO 37** y mezcle por otros tres (3) minutos.
- Dosificación - para un asentamiento de 3 pulgadas (76 mm) se recomienda utilizar la **EUCO 37** a razón de 0.70% al 0.90% del peso del cemento para lograr una mezcla fluida. Las proporciones del diseño de mezcla deben basarse en la temperatura, tipo de cemento y la pérdida de asentamiento requerida.

- A continuación se presenta las cantidades recomendadas para obtener concreto de excelente fluidez:

Slump Inicial	Dosis %
4" (102mm)	0.50 a 0.70
3" (76mm)	0.70 a 0.90
2 ½" (63mm)	0.90 a 1.00
2" (51mm)	1.00 a 1.20
1 ½" (38mm)	1.40 a 1.50

Pérdida de Asentamiento

- El concreto tratado con **EUCO 37** retiene su consistencia de 30 a 60 minutos después de ser dosificado, dependiendo del asentamiento, las dosificaciones, temperatura de la mezcla y temperatura ambiente. Se puede agregar **EUCO 37** manualmente o con dosificadores en la planta de concreto premezclado o en la obra.
- Utilice **EUCO 537** para reemplazar a **EUCO 37** cuando coloque concreto en climas cálidos (>32 °C).

Pérdida de Asentamiento Típica a 21 °C

Slump Inicial	Slump a 30 min.
8 ½" (216mm)	7" (178mm)
9 ½" (241mm)	8" (203mm)

- **EUCO 37** es también compatible con agentes aditivos, sin embargo cada material debe ser agregado al concreto por separado.
- Cuando diseñe mezclas para usarlas con **EUCO 37** siga las recomendaciones del ACI 211.1 y 211.2. Ajuste la proporción de los agregados para mantener la homogeneidad.
- Colocación - El concreto tratado con **EUCO 37** puede ser colocado de la misma manera que el concreto convencional.
- Los encofrados para las paredes o secciones angostas deben ser a prueba de agua, fuertes y estar bien afianzados. Durante el "periodo de fluidez", cuando el concreto tiene un revenimiento de 7 a 9 pulgadas (178-229mm), éste va a ejercer una mayor presión en la base del encofrado que con concreto convencional. Los encofrados para losas son las mismas que para el concreto convencional.
- Curado y Sellado - Es muy importante seguir los procedimientos correctos para asegurar la durabilidad y calidad del concreto. Para prevenir fisuras de superficie, cure las losas con un compuesto de altos sólidos.

PRECAUCIONES/RESTRICCIONES

- Se debe proteger el **EUCO 37** contra el congelamiento.
- Se recomienda hacer diseños de mezcla, mezclas de prueba y losas de prueba dadas las variaciones en el cemento y agregados de cada lugar.
- No permita que el concreto se congele hasta que haya alcanzado una resistencia mínima de 72 kg/cm².
- Se utiliza **EUCO 37** en muchos y diferentes diseños de mezcla. Se debe consultar con nuestro departamento técnico cada vez que se tengan dudas respecto a su uso o compatibilidad con otros aditivos.
- Se agrega a la mezcla independientemente de otros aditivos.
- No utilice aire para su agitación.
- No lo dosifique directamente sobre el cemento seco.

LIMPIEZA

Limpie con agua las herramientas y el equipo antes que se endurezca el mortero y/o concreto.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Durante la manipulación usar las medidas de seguridad apropiadas. Usar el equipo de protección personal apropiado. Evitar el contacto con la piel, ojos y vías respiratorias. En caso de contacto con la piel, lavar con abundante agua, para mayor información consultar la hoja de seguridad del producto.

Las directivas que contiene este documento son el resultado de los ensayos y de la experiencia en buenas prácticas industriales. Debido a la diversidad de materiales y substratos así como el gran número de posibles aplicaciones que escapan de nuestro control, nosotros no aceptamos responsabilidad por los resultados que el cliente, contratista, aplicador pudiera obtener. Recomendamos realizar los ensayos preliminares o contactar se con el departamento técnico de QUÍMICA SUIZA - EUCO.
Edición N°1, Junio 2010

Fuente: Catalogo: Aditivos para concreto y morteros; pp.43-45.

Anexo 5. EUCON MSA: Aditivo de Microsílice

En lo que prosigue se detalla los aspectos técnicos del aditivo de microsílice en polvo usado en la obtención del concreto de alta resistencia.

EUCON MSA

Aditivo de microsílica en polvo, para concreto

Descripción

EUCON MSA es un aditivo de microsílica en polvo listo para utilizarse. Este producto reacciona químicamente con el hidróxido de calcio en la pasta de cemento, lo cual produce un gel de hidrato de silicato de calcio que mejora significativamente la resistencia y durabilidad. Por su alta finura, la microsílica llena el vacío entre las partículas de cemento creando un concreto muy denso y menos permeable.

Aplicaciones principales

- Concreto de alta resistencia.
- Concreto de alta densidad.
- Plataformas de puentes.
- Estructuras de estacionamientos.
- Ambientes marinos.

Características/Beneficios

- Alta resistencia máxima a la compresión y flexión para lograr una mayor capacidad estructural.
- Desarrollo de altas resistencias a edades tempranas para tiempos de ciclo de producción más cortos.
- Le da al concreto una permeabilidad baja para una mejor resistencia a la penetración de agua y sal.
- Mejor resistencia a la abrasión y a químicos para una mayor expectativa de vida/durabilidad.
- Mayores resistencias a desconchamiento y ciclos de congelamiento-descongelamiento.
- Mejora el comportamiento del concreto para reducir dimensiones de columnas, incrementa la producción y baja los costos de transporte y avance de obras.

Información técnica

Gravedad específica	2.2
Densidad a granel.....	aprox. 30 lb/ft ³ (481 kg/m ³)
Contenido de microsílice.....	100 %
SiO ₂ Amorfo.....	92-98 %

Envase

EUCON MSA viene empacado en sacos de 25 kg en tarimas envueltas en plástico.
Se recomienda mantener el aditivo siempre tapado en los envases que EUCOMEX provee.

Tiempo de vida

24 meses en el envase original cerrado.

Normas/Cumplimientos

EUCON MSA cumple con los requisitos de ASTM C1240.

Instrucciones de uso

Dada la finura de las partículas de EUCON MSA, el aditivo debe estar muy bien mezclado, dispersándolo completamente alrededor de las partículas de cemento. La dispersión adecuada se logra cuando se agrega primero la microsílica en el proceso de mezclado. Una secuencia típica de mezcla sería:

1. EUCON MSA
2. 75% agregado grueso, más arena y 75% agua
3. Aditivo de inclusión de aire (si es necesario)
4. Cemento
5. Reductor de agua de alto rango EUCON 37(*)
6. 25% agregado grueso y 25% de agua.

(*) La demanda (necesidad) de agua aumentará cuando se use microsilica. La mayoría de las mezclas necesitan del uso de un reductor de agua de alto rango para mantener la trabajabilidad, un bajo contenido de agua y una relación agua/cemento baja.

Dosificación.- EUCON MSA normalmente se dosifica a razón de 3 - 10% sobre la base de la masa (peso) del cemento. Póngase en contacto con EUCOMEX para que lo guíen cuando se necesiten dosificaciones más altas de hasta 15% sobre la base de la masa del cemento.

Colocación.- El concreto tratado con EUCON MSA puede ser colocado de la misma manera que el concreto convencional.

Acabado.- El concreto que contiene EUCON MSA va a exudar mucho menos que el concreto convencional; a dosificaciones más altas el exudado será prácticamente eliminado. Las fisuras por retracción plástica ocurren debido a una rápida pérdida de humedad en la superficie del concreto. Dado que el concreto con EUCON MSA tendrá una cantidad reducida de agua por exudado para reemplazar la que se ha evaporado, será más susceptible a fisuras por retracción plástica.

Así también, las fisuras por retracción plástica son más frecuentes cuando se presenta humedad baja, viento, temperaturas ambientales y del concreto altas en cualquier combinación. Cuando existen esas condiciones, debe utilizarse un retardante de evaporación como EUCOBAR. (Véase la hoja técnica de EUCOBAR para estudiar la gráfica que muestra cuando las condiciones son favorables para que ocurran fisuras por retracción plástica). Observe que las fisuras por retracción plástica en concreto con EUCON MSA van a ocurrir a una rapidez de evaporación más baja que el concreto normal. Se pueden utilizar métodos diferentes a EUCOBAR para ayudar a reducir la posibilidad de retracción plástica. Estos incluyen la construcción de rompevientos, aplicación de rocío nebulizado entre cada operación de acabado, cubrir el concreto con yute mojado y reducción de la temperatura del concreto con hielo o agregados enfriados. También se puede colocar el concreto en las últimas horas de la tarde para evitar los rayos directos del sol y las altas temperaturas.

Si ocurren las fisuras por retracción plástica, el volver a trabajar rápidamente el concreto fresco las cierra de una manera efectiva, sobre todo si se emplean herramientas de magnesio o acero. El concreto debe ser tapado completa y rápidamente o mantenerse húmedo para prevenir que vuelvan a ocurrir las fisuras por retracción.

Si se utiliza una dosis alta de EUCON MSA en la mezcla de concreto y las condiciones son favorables para que ocurran las fisuras por retracción plástica, puede ser muy difícil darle el acabado al concreto. En este tipo de situaciones se recomienda se use un proceso de acabado de un sólo paso con llana, llana tipo avión, escobillado u otro texturizado de la superficie, seguido inmediatamente por un buen procedimiento de curado.

Curado.- Es de suma importancia seguir los procedimientos correctos de curado en el concreto con EUCON MSA para poder lograr la alta resistencia y durabilidad para que fué diseñado. El curado correcto necesita el mantenimiento de las condiciones correctas de humedad y temperatura en el concreto.

Todo el curado del concreto que contiene EUCON MSA debe iniciar inmediatamente después de que se concluye el procedimiento de acabado. Los métodos de curado aceptables son arpillera húmeda, polietileno y el uso de una membrana líquida alta en sólidos que forme compuesto de curado, tal como SUPER REZ-SEAL o SUPER AQUA-CURE VOX.

Si no desea un compuesto de curado, deberá realizar curado húmedo por lo menos durante siete (7) días.

Limpieza

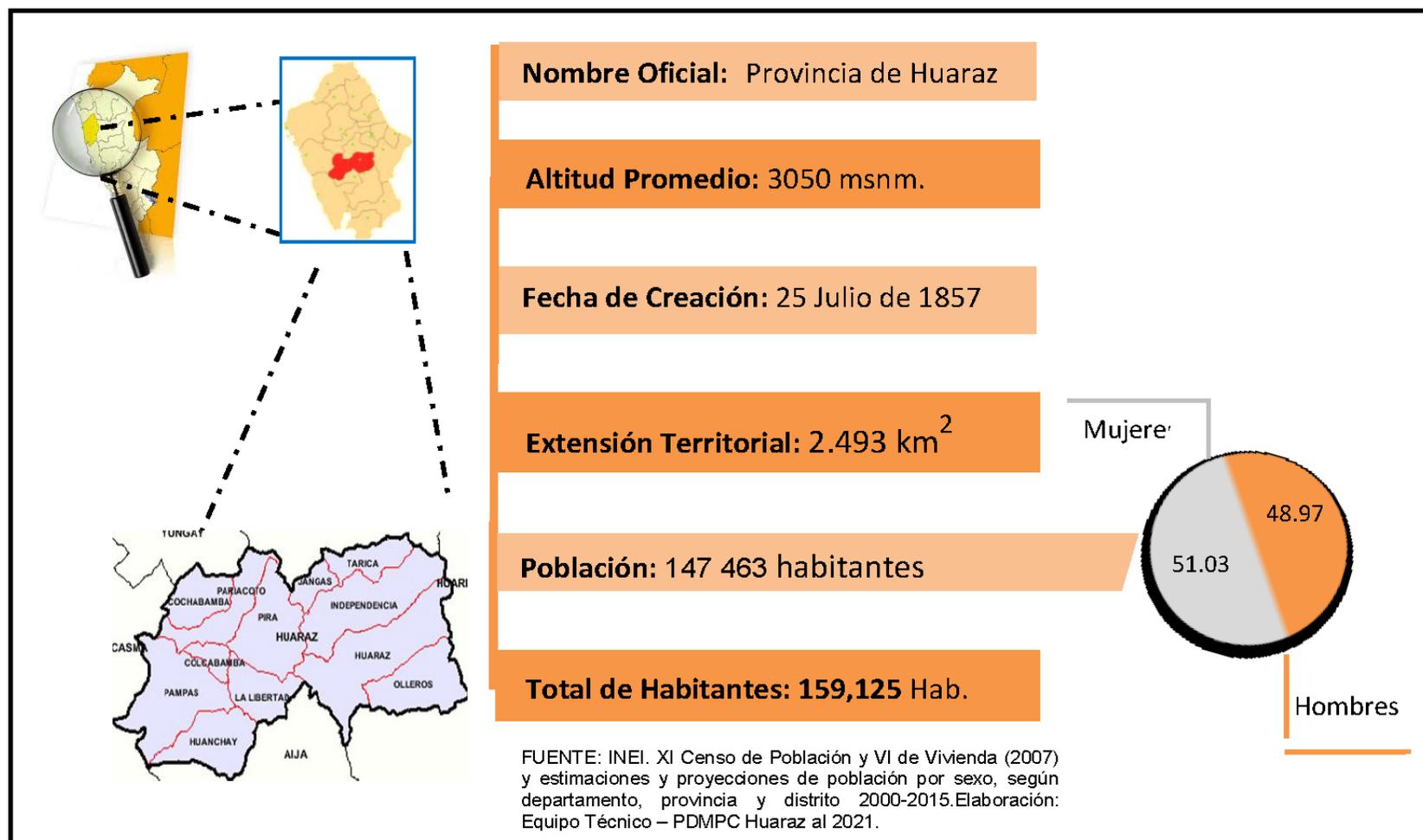
Limpie con agua las herramientas y el equipo antes de que el material se endurezca.

Precauciones/Limitaciones

- Se recomienda hacer diseños de mezcla, mezclas de prueba y losas de prueba dadas las variaciones en el cemento y los agregados de cada lugar.
- No permita que se congele hasta que haya alcanzado la resistencia mínima de 7 MPa (1000 psi).
- El producto debe almacenarse en su envase original, bien cerrado, bajo techo, en un lugar fresco y seco.

Fuente: Catálogo General de Productos EUCO 2015 – 2016 [En línea].

Anexo 6. Ubicación y Descripción General de la Provincia de Huaraz



Fuente: Plan de Desarrollo Municipal Provincial Concertado Huaraz al 2021.

Anexo 7. Desarrollo Inmobiliario en la Ciudad de Huaraz

Como resultado del análisis documentario de proyectos inmobiliarios en la ciudad de Huaraz y observación *in situ*, se detectaron proyectos inmobiliarios, ya sea en sus etapas de planeación o construcción, los cuales son:

Proyectos Inmobiliarios Habitacionales (PIH): Las propuestas de construcción de infraestructura destinada a servir como viviendas, principalmente las de desarrollo vertical, son:

- Proyecto "Los Alisos". El proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de Huaraz, Jr. Los Alisos, cuadra 2 del distrito de Independencia. Consiste en un único edificio con 8 apartamentos de un piso y 3 apartamentos dúplex, 11 estacionamientos.
- Proyecto "Edificio de 7 pisos en el local del ex radio Huascarán". El reloj marca "Silvana" que se encontraba en su fachada, y que, pertenecía a la catedral de Huaraz antes del terremoto de 1970, cuando esta se derrumbó, se va a quedar en el nuevo edificio.

Proyectos Inmobiliarios Comerciales (PIC): Las propuestas de construcción de infraestructura destinada al comercio de productos eléctricos, electrónicos, manufacturados y transformados; así como productos alimenticios y de uso exclusivo para el hogar; en la ciudad de Huaraz, son:

- EL "Centro Cívico Comercial Distrito de Independencia", donde se tiene previsto construir el local institucional de la municipalidad, tiendas comerciales, cines, restaurantes, bancos, auditorio, y estacionamiento vehicular subterráneo. Dicha infraestructura, se prevé construir en el terreno de 6 mil 588.59 m² donde se encuentran en la actualidad, la municipalidad y el mercado del barrio del Centenario.
- Mega Plaza – Huaraz. Mall que se ubicaría en la urbanización Quinuacocha del distrito de Independencia. En el terreno de 87,000 m², se construirá un mall en la tercera parte de la superficie y un parque recreacional en el resto.

Anexo 8. Ensayos para el diseño de concreto de alta resistencia.

Los ensayos se han efectuado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayo de Materiales de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, Facultad de Ingeniería Civil; los ensayos son los siguientes:

- Peso unitario de los agregados fino y grueso utilizando según la Normas Técnicas Peruanas NTP 400.017.
- Pesos específicos para el agregado fino y grueso que serán utilizados en la investigación según la NTP 400.022.
- Contenido de humedad se determinara para cada diseño de mezcla según la NTP 400.016.
- Granulometría de los agregados según la NTP 400.037.
- Módulo de finura de los agregados según la NTP 400.018.
- Asentamiento de las mezclas de concreto según la NTP 339.035.
- Coeficiente de desgaste de los Ángeles según la ASTM C 131.
- Resistencia a la compresión del concreto endurecido a la edad de 7 días.
- Resistencia a la compresión del concreto endurecido a la edad de 14 días.
- Resistencia a la compresión del concreto endurecido a la edad de 28 días.
- Resistencia a la compresión del concreto endurecido a la edad de 90 días.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

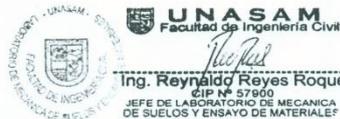
SOLICITA	Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez	CANTERA	Orion
PROYECTO	Diseño optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru	LUGAR	Pariahuanca
		FECHA	20 de Febrero del 2015

PESO UNITARIO FINO - ARENA GRUESA

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3
MUESTRA N°						
PESO MATERIAL + MOLDE	20647.00	20955.00	20793.00	23509.00	22720.00	23123.00
PESO DEL MOLDE	7146.00	7146.00	7146.00	7146.00	7146.00	7146.00
PESO DEL MATERIAL	13501.00	13809.00	13647.00	16363.00	15574.00	15977.00
VOLUMEN DEL MOLDE	9424.80	9424.80	9424.80	9424.80	9424.80	9424.80
PESO UNITARIO	1.432	1.465	1.448	1.736	1.652	1.695
PESO UNITARIO PROMEDIO	1.449			1.695		

PESO UNITARIO GRUESO - PIEDRA CHANCADA 3/4"

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3
MUESTRA N°						
PESO MATERIAL + MOLDE	19718.00	19963.00	20018.00	21249.00	21302.00	21289.00
PESO DEL MOLDE	7146.00	7146.00	7146.00	7146.00	7146.00	7146.00
PESO DEL MATERIAL	12572.00	12817.00	12872.00	14103.00	14156.00	14143.00
VOLUMEN DEL MOLDE	9424.80	9424.80	9424.80	9424.80	9424.80	9424.80
PESO UNITARIO	1.334	1.360	1.366	1.496	1.502	1.501
PESO UNITARIO PROMEDIO	1.353			1.500		



Ing. Reynaldo Reyes Roque
 CIP N° 57900
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION

SOLICITA Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez
PROYECTO Diseño Optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru.
CANTERA Orion
LUGAR Pariahuanca
FECHA 20 de Febrero del 2015

Identificación (Agregado)		FINO	GRUESO
Tamaño Máximo de la muestra		Malla # 4	3/4"
Tipo de Frasco Utilizado	Unidades	Fiola	Probeta
Peso Saturado Superficialmente Seco	gr	250.00	500.00
Peso del recipiente	gr	169.00	242.00
Volumen del agua en la probeta	cm3	300.00	250.00
Volumen final (Vf)	cm3	390.00	435.00
Peso del recipiente + peso seco agregado	gr	712.00	973.00
Peso seco del agregado (Ps)	gr	232.00	490.00
Volumen saturado superficialmente seco (Vss)	cm3	90.00	185.00
Peso específico	gr/cm3	2.58	2.65

N° de Tarro		FINO	GRUESO
Peso del Tarro + Mat. SSS en Aire	=(a)	730.00	1388.00
Peso del Tarro + Mat. Secado en Estufa	=(b)	719.00	1376.00
Peso del Agua (a-b)	=(c)	11.00	12.00
Peso del Tarro	=(d)	390.00	388.00
Peso del Material Secado en Estufa (b-d)	=(e)	329.00	988.00
Porcentaje de Absorción	=(c)x100/e	3.34	1.21



UNASAM
Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Reynaldo Reyes Roque
CIP N° 57960
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA	Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez	CANTERA	Orion
PROYECTO	Diseño optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru	LUGAR	Pariahuanca
		FECHA	20 de Febrero del 2015

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

MUESTRA	MA-01 (A. Fino)		MA-02 (A. Grueso)	
	Agregado Fino - Arena Gruesa		Agregado Grueso - Piedra Chancada	
PROFUNDIDAD (m)	-----		-----	
FRASCO N°	M-1	M-2	M-3	M-4
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	145.25	144.60	80.21	75.21
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)	135.20	136.20	79.20	74.20
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	10.05	8.40	1.01	1.01
(4) Pfr (gr)	23.20	23.15	23.10	23.20
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	112.00	113.05	56.10	51.00
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	8.97	7.43	1.80	1.98
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	8.20%		1.89%	

Nota: Pfr = Peso del frasco
P.S.H. = Peso del suelo humedo
P.S.S. = Peso del suelo seco
Pagua = Peso del agua



UNASAM
Facultad de Ingeniería Civil

Reynaldo Reyes Roque
Ing. Reynaldo Reyes Roque
CIP N° 57900
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA	Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez	CANTERA	Orion
PROYECTO	Diseño optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru	LUGAR	Pariahuanca Agregado Fino
		FECHA	20 de Febrero del 2015

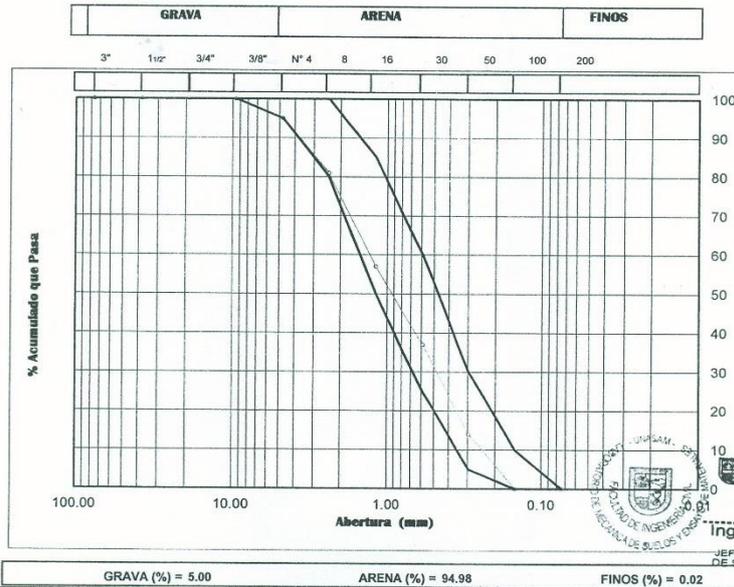
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM C-33

PESO INICIAL SECO : 4949.20 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 0.02
 PESO LAVADO SECO : 4948.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
No 4	4.760	247.40	5.00	5.00	95.00
No 8	2.380	692.72	14.00	19.00	81.00
No 16	1.190	1187.52	23.99	42.99	57.01
No 30	0.590	989.60	20.00	62.98	37.02
No 50	0.297	1138.04	22.99	85.98	14.02
No 100	0.149	692.72	14.00	99.98	0.02
No 200	0.074	0.00	0.00	99.98	0.02
> No 200	0.000	0.00	0.00	99.98	
TOTAL		4948.00	99.98		

Nota: Limite máximos de finos = 5%



UNASAM
 Facultad de Ingeniería Civil
 Ing. Reynaldo Reyes Roque
 CIP N° 57900
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA	Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez	CANTERA	Orion
PROYECTO	Diseño optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru	LUGAR	Pariahuanca Agregado Grueso
		FECHA	20 de Febrero del 2015

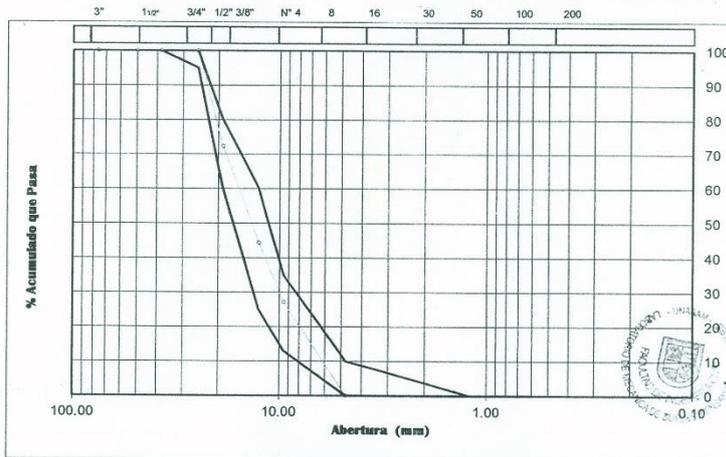
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM C-33

PESO INICIAL SECO : 4569.30 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 0.00
 PESO LAVADO SECO : 4568.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	1268.53	27.76	27.76	72.24
1/2"	12.700	1272.65	27.85	55.61	44.39
3/8"	9.525	789.35	17.28	72.89	27.11
No 4	4.760	1237.47	27.08	99.97	0.03
No 8	2.380	0.00	0.00		
No 16	1.190	0.00	0.00		
No 30	0.590	0.00	0.00		
No 50	0.297	0.00	0.00		
No 100	0.149	0.00	0.00		
No 200	0.074	0.00	0.00		
> No 200	0.000	0.00	0.00		
TOTAL		4568.00	99.97		

GRAVA	ARENA	FINOS
--------------	--------------	--------------



GRAVA (%) = 99.97	ARENA (%) = 0.03	FINOS (%) = 0.00
-------------------	------------------	------------------

Laboratorio FIC-UNASAM: Ciudad Universitaria de Shancayán - Independencia - Huaraz - Peru, Telfs. 043- 421985, 043-428427 Telefax 043- 426998 e-Mail: msysen@hcmil.com

UNASAM
 Facultad de Ingeniería Civil
Reyes Roqui
Ing. Reynaldo Reyes Roqui
 CIP N° 57900
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA	Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez	CANTERA	Orion
PROYECTO	Diseño optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru	LUGAR	Pariahuanca
		FECHA	20 de Febrero del 2015

COEFICIENTE DE DESGASTE DE LOS ANGELES

ASTM C-131

Descripcion	Unidad	Agregado Grueso
Gradacion		B
Peso retenido en el tamiz de 1/2"	gr	2504.00
Peso retenido en el tamiz de 3/8"	gr	2503
Peso de la muestra seca antes del ensayo (P1)	gr	5007.00
Peso retenido en el tamiz N° 12 despues del ensayo (P2)	gr	4326.00
Coefficiente de desgaste de los Angeles (P1 - P2) /P1*100	%	13.60



UNASAM
Facultad de Ingenieria Civil
Reynaldo Reyes Roque
Ing. Reynaldo Reyes Roque
CIP N° 57900
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE BRIQUETAS DE CONCRETO**

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

SOLICITA Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez

PROYECTO Diseño Óptimo para obtener concreto de alta resistencia para obras
 civiles en zonas alto andinas del Peru.

CANTERA Orion

LUGAR Pariahuanca

DIMENSIONES TESTIGO Altura : 20 cm. Diámetro : 10 cm.

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm2	f'c (Kg/cm2)
			MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO PATRON	3.6	16/05/2015	13/06/2015	28	45946	78.54	585
2	CONCRETO PATRON	3.4	16/05/2015	13/06/2015	28	45864	78.54	584
3	CONCRETO PATRON	3.2	16/05/2015	13/06/2015	28	46002	78.54	586
4	CONCRETO PATRON	3.8	20/05/2015	17/06/2015	28	45735	78.54	582
5	CONCRETO PATRON	3.4	20/05/2015	17/06/2015	28	46235	78.54	589
6	CONCRETO PATRON	3.5	20/05/2015	17/06/2015	28	45771	78.54	583
7	CONCRETO PATRON	3.2	21/05/2015	18/06/2015	28	46320	78.54	590
8	CONCRETO PATRON	3.6	21/05/2015	18/06/2015	28	45732	78.54	582
9	CONCRETO PATRON	3.4	21/05/2015	18/06/2015	28	45887	78.54	584
10	CONCRETO PATRON	3.5	22/05/2015	19/06/2015	28	45235	78.54	576
11	CONCRETO PATRON	3.3	22/05/2015	19/06/2015	28	45023	78.54	573
12	CONCRETO PATRON	3.6	22/05/2015	19/06/2015	28	46321	78.54	590
13	CONCRETO PATRON	3.4	23/05/2015	20/06/2015	28	46532	78.54	592
14	CONCRETO PATRON	3.5	23/05/2015	20/06/2015	28	46532	78.54	592
15	CONCRETO PATRON	3.8	23/05/2015	20/06/2015	28	45882	78.54	584
							PROMEDIO	585



UNASAM
Facultad de Ingeniería Civil

Reynaldo Reyes Roque

Ing. Reynaldo Reyes Roque
CIP N° 57800
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE BRIQUETAS DE CONCRETO**

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

SOLICITA	Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez
PROYECTO	Diseño Optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru.
CANTERA	Orion
LUGAR	Pariahuanca
DIMENSIONES TESTIGO	Altura : 20 cm. Diámetro : 10 cm.

N°	BRIQUETA	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm2	Fc (Kg/cm2)
	DESCRIPCION		MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.6	01/06/2015	08/06/2015	7	39925	78.54	508
2	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	01/06/2015	08/06/2015	7	40030	78.54	510
3	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.8	01/06/2015	08/06/2015	7	39562	78.54	504
4	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.7	02/06/2015	09/06/2015	7	39665	78.54	505
5	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	02/06/2015	09/06/2015	7	39869	78.54	508
6	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.8	02/06/2015	09/06/2015	7	39875	78.54	508
7	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	03/06/2015	10/06/2015	7	39456	78.54	502
8	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.6	03/06/2015	10/06/2015	7	39856	78.54	507
9	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	03/06/2015	10/06/2015	7	39884	78.54	508
10	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.7	04/06/2015	11/06/2015	7	39889	78.54	508
11	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	04/06/2015	11/06/2015	7	39668	78.54	505
12	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	04/06/2015	11/06/2015	7	39956	78.54	509
13	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.8	05/06/2015	12/06/2015	7	39665	78.54	505
14	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	05/06/2015	12/06/2015	7	39654	78.54	505
15	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	05/06/2015	12/06/2015	7	39856	78.54	507
PROMEDIO								457



UNASAM
Facultad de Ingeniería Civil
Reyes
Ing. Reynaldo Reyes Roque
CIP N° 57900
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE BRIQUETAS DE CONCRETO**

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

SOLICITA Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez

PROYECTO Diseño Optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru.

CANTERA Orion

LUGAR Pariahuanca

DIMENSIONES TESTIGO Altura : 20 cm. Diámetro : 10 cm.

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm2	f'c (Kg/cm2)
			MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.6	01/06/2015	08/06/2015	7	39925	78.54	508
2	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	01/06/2015	08/06/2015	7	40030	78.54	510
3	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.8	01/06/2015	08/06/2015	7	39562	78.54	504
4	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.7	02/06/2015	09/06/2015	7	39665	78.54	505
5	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	02/06/2015	09/06/2015	7	39869	78.54	508
6	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.8	02/06/2015	09/06/2015	7	39875	78.54	508
7	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	03/06/2015	10/06/2015	7	39456	78.54	502
8	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.6	03/06/2015	10/06/2015	7	39856	78.54	507
9	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	03/06/2015	10/06/2015	7	39884	78.54	508
10	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.7	04/06/2015	11/06/2015	7	39889	78.54	508
11	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	04/06/2015	11/06/2015	7	39668	78.54	505
12	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	04/06/2015	11/06/2015	7	39956	78.54	509
13	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.8	05/06/2015	12/06/2015	7	39665	78.54	505
14	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	05/06/2015	12/06/2015	7	39654	78.54	505
15	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	05/06/2015	12/06/2015	7	39856	78.54	507
PROMEDIO								483



UNASAM
Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Reynaldo Reyes Roque
CIF N° 57960
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE BRIQUETAS DE CONCRETO**

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

SOLICITA	Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez
PROYECTO	Diseño Optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru.
CANTERA	Orion
LUGAR	Parahuauca
DIMENSIONES TESTIGO	Altura : 20 cm. Diámetro : 10 cm.

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	SLUMP (")	FECHA			CARGA (Kg)	AREA cm2	f _c (Kg/cm2)
			MOLDEO	ROTURA	DIAS			
1	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.6	01/06/2015	08/06/2015	7	39925	78.54	508
2	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	01/06/2015	08/06/2015	7	40030	78.54	510
3	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.8	01/06/2015	08/06/2015	7	39562	78.54	504
4	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.7	02/06/2015	09/06/2015	7	39665	78.54	505
5	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	02/06/2015	09/06/2015	7	39869	78.54	508
6	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.8	02/06/2015	09/06/2015	7	39875	78.54	508
7	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	03/06/2015	10/06/2015	7	39456	78.54	502
8	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.6	03/06/2015	10/06/2015	7	39856	78.54	507
9	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	03/06/2015	10/06/2015	7	39884	78.54	508
10	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.7	04/06/2015	11/06/2015	7	39889	78.54	508
11	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	04/06/2015	11/06/2015	7	39668	78.54	505
12	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	04/06/2015	11/06/2015	7	39956	78.54	509
13	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.8	05/06/2015	12/06/2015	7	39665	78.54	505
14	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	05/06/2015	12/06/2015	7	39654	78.54	505
15	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	05/06/2015	12/06/2015	7	39856	78.54	507
							PROMEDIO	507


UNASAM
 Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Reynaldo Reyes Roque
 CIP N° 57900
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA
 DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE BRIQUETAS DE CONCRETO**

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

SOLICITA	Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez
PROYECTO	Diseño Optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru.
CANTERA	Orion
LUGAR	Pariahuanca
DIMENSIONES TESTIGO	Altura : 20 cm. Diametro : 10 cm.

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm2	f'c (Kg/cm2)
			MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	06/06/2015	20/06/2015	14	45865	78.54	584
2	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	06/06/2015	20/06/2015	14	45961	78.54	585
3	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.6	06/06/2015	20/06/2015	14	46002	78.54	586
4	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.7	07/06/2015	21/06/2015	14	45884	78.54	584
5	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	07/06/2015	21/06/2015	14	45625	78.54	581
6	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	07/06/2015	21/06/2015	14	45662	78.54	581
7	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.8	15/06/2015	29/06/2015	14	46102	78.54	587
8	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.6	15/06/2015	29/06/2015	14	45881	78.54	584
9	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	15/06/2015	29/06/2015	14	45625	78.54	581
10	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.7	16/06/2015	30/06/2015	14	45832	78.54	584
11	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	16/06/2015	30/06/2015	14	45215	78.54	576
12	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	16/06/2015	30/06/2015	14	45662	78.54	581
13	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.7	18/06/2015	02/07/2015	14	45332	78.54	577
14	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.8	18/06/2015	02/07/2015	14	45772	78.54	583
15	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	18/06/2015	02/07/2015	14	45831	78.54	584
							PROMEDIO	583


UNASAM
 Facultad de Ingeniería Civil
 Ing. Reynaldo Reyes Roque
 CIP N° 57900
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE BRIQUETAS DE CONCRETO**

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

SOLICITA Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez
 PROYECTO Diseño Optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru.
 CANTERA Orion
 LUGAR Pariahuanca
 DIMENSIONES TESTIGO Altura : 20 cm. Diámetro : 10 cm.

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm2	f'c (Kg/cm2)
			MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.8	08/07/2015	05/08/2015	28	49825	78.54	634
2	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	08/07/2015	05/08/2015	28	49624	78.54	632
3	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	08/07/2015	05/08/2015	28	49931	78.54	636
4	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.6	09/07/2015	06/08/2015	28	49772	78.54	634
5	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	09/07/2015	06/08/2015	28	49653	78.54	632
6	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	09/07/2015	06/08/2015	28	49832	78.54	634
7	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.7	12/07/2015	09/08/2015	28	50001	78.54	637
8	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	12/07/2015	09/08/2015	28	49735	78.54	633
9	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	12/07/2015	09/08/2015	28	49769	78.54	634
10	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	15/07/2015	12/08/2015	28	49880	78.54	635
11	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.2	15/07/2015	12/08/2015	28	49864	78.54	635
12	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.6	15/07/2015	12/08/2015	28	49654	78.54	632
13	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	20/07/2015	17/08/2015	28	49321	78.54	628
14	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	20/07/2015	17/08/2015	28	49973	78.54	636
15	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.6	20/07/2015	17/08/2015	28	49881	78.54	635
PROMEDIO								507



UNASAM
Facultad de Ingenieria Civil
Reyes
Ing. Reynaldo Reyes Roque
CIP N° 57900
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE BRIQUETAS DE CONCRETO**

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

SOLICITA Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez

PROYECTO Diseño Optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru.

CANTERA Orion

LUGAR Pariahuanca

DIMENSIONES TESTIGO Altura : 20 cm. Diametro : 10 cm.

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm2	f _c (Kg/cm2)
			MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	05/08/2015	03/11/2015	90	59384	78.54	756
2	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.8	05/08/2015	03/11/2015	90	59210	78.54	754
3	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.6	05/08/2015	03/11/2015	90	59845	78.54	762
4	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	06/08/2015	04/11/2015	90	59145	78.54	753
5	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.2	06/08/2015	04/11/2015	90	59484	78.54	757
6	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	06/08/2015	04/11/2015	90	59054	78.54	752
7	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.8	07/08/2015	05/11/2015	90	59301	78.54	755
8	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	07/08/2015	05/11/2015	90	59427	78.54	757
9	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.3	07/08/2015	05/11/2015	90	59387	78.54	756
10	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	10/08/2015	08/11/2015	90	59880	78.54	762
11	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.4	10/08/2015	08/11/2015	90	59245	78.54	754
12	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.2	10/08/2015	08/11/2015	90	59784	78.54	761
13	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.7	12/08/2015	10/11/2015	90	59368	78.54	756
14	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.5	12/08/2015	10/11/2015	90	59184	78.54	754
15	CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	3.7	12/08/2015	10/11/2015	90	59245	78.54	754
PROMEDIO								620



UNASAM
Facultad de Ingenieria Civil
Reyes
Ing. Reynaldo Reyes Roque
CIP N° 57900
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE BRIQUETAS DE CONCRETO**

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

SOLICITA	Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez
PROYECTO	Diseño Optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru.
CANTERA	Orion
LUGAR	Pariahuanca
DIMENSIONES TESTIGO	Altura : 20 cm. Diámetro : 10 cm.

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm2	f'c (Kg/cm2)
			MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	06/01/2016	13/01/2016	7	42782	78.54	545
2	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.6	06/01/2016	13/01/2016	7	42564	78.54	542
3	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	06/01/2016	13/01/2016	7	42785	78.54	545
4	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	09/01/2016	16/01/2016	7	42562	78.54	542
5	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.3	09/01/2016	16/01/2016	7	42677	78.54	543
6	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	09/01/2016	16/01/2016	7	42851	78.54	546
7	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.6	15/01/2016	22/01/2016	7	42995	78.54	547
8	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	15/01/2016	22/01/2016	7	42356	78.54	539
9	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.8	15/01/2016	22/01/2016	7	42554	78.54	542
10	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	18/01/2016	25/01/2016	7	42100	78.54	536
11	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.2	18/01/2016	25/01/2016	7	42995	78.54	547
12	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	18/01/2016	25/01/2016	7	42631	78.54	543
13	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.6	20/01/2016	27/01/2016	7	42756	78.54	544
14	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	20/01/2016	27/01/2016	7	42158	78.54	537
15	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.7	20/01/2016	27/01/2016	7	42654	78.54	543
PROMEDIO								535



UNASAM
Facultad de Ingeniería Civil
Reynaldo
Ing. Reynaldo Reyes Roque
CIP N° 57900
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE BRIQUETAS DE CONCRETO**

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

SOLICITA	Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez
PROYECTO	Diseño Optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru.
CANTERA	Orion
LUGAR	Pariahuanca
DIMENSIONES TESTIGO	Altura : 20 cm. Diámetro : 10 cm.

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm2	f'c (Kg/cm2)
			MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.8	04/02/2016	18/02/2016	14	47762	78.54	608
2	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.6	04/02/2016	18/02/2016	14	47631	78.54	606
3	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.7	04/02/2016	18/02/2016	14	47965	78.54	611
4	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	06/02/2016	20/02/2016	14	47632	78.54	606
5	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.3	06/02/2016	20/02/2016	14	47751	78.54	608
6	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.7	06/02/2016	20/02/2016	14	47965	78.54	611
7	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.6	10/02/2016	24/02/2016	14	47630	78.54	606
8	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	10/02/2016	24/02/2016	14	47864	78.54	609
9	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.6	10/02/2016	24/02/2016	14	47525	78.54	605
10	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	12/02/2016	26/02/2016	14	47569	78.54	606
11	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.2	12/02/2016	26/02/2016	14	47565	78.54	606
12	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	12/02/2016	26/02/2016	14	47854	78.54	609
13	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	13/02/2016	27/02/2016	14	47884	78.54	610
14	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	13/02/2016	27/02/2016	14	47564	78.54	606
15	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.6	13/02/2016	27/02/2016	14	47862	78.54	609
PROMEDIO								665



UNASAM
Facultad de Ingeniería Civil
Reyes
Ing. Reynaldo Reyes Roque
CIP N° 57900
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE BRIQUETAS DE CONCRETO**

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

SOLICITA Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez
 PROYECTO Diseño Optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru.
 CANTERA Orion
 LUGAR Pariahuanca
 DIMENSIONES TESTIGO Altura : 20 cm. Diámetro : 10 cm.

N°	BRIQUETA	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm2	f'c (Kg/cm2)
	DESCRIPCION		MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	20/02/2016	19/03/2016	28	61623	78.54	785
2	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	20/02/2016	19/03/2016	28	61542	78.54	784
3	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.6	20/02/2016	19/03/2016	28	61875	78.54	788
4	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.2	22/02/2016	21/03/2016	28	61475	78.54	783
5	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.8	22/02/2016	21/03/2016	28	61854	78.54	788
6	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	22/02/2016	21/03/2016	28	61660	78.54	785
7	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.7	23/02/2016	22/03/2016	28	61475	78.54	783
8	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	23/02/2016	22/03/2016	28	61321	78.54	781
9	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	23/02/2016	22/03/2016	28	61580	78.54	784
10	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.2	24/02/2016	23/03/2016	28	61432	78.54	782
11	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	24/02/2016	23/03/2016	28	61358	78.54	781
12	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.6	24/02/2016	23/03/2016	28	61660	78.54	785
13	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	26/02/2016	25/03/2016	28	61730	78.54	786
14	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.8	26/02/2016	25/03/2016	28	61520	78.54	783
15	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.7	26/02/2016	25/03/2016	28	61900	78.54	788
PROMEDIO								756



UNASAM
Facultad de Ingeniería Civil
 Ing. Reynaldo Reyes Roque
 CIP N° 57900
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA
 DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE BRIQUETAS DE CONCRETO**

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

SOLICITA	Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez
PROYECTO	Diseño Optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru.
CANTERA	Orion
LUGAR	Pariahuanca
DIMENSIONES TESTIGO	Altura : 20 cm. Diámetro : 10 cm.

N°	BRIQUETA	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm2	F _c (Kg/cm ²)
	DESCRIPCION		MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	20/02/2016	19/03/2016	28	61623	78.54	785
2	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	20/02/2016	19/03/2016	28	61542	78.54	784
3	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.6	20/02/2016	19/03/2016	28	61875	78.54	788
4	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.2	22/02/2016	21/03/2016	28	61475	78.54	783
5	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.8	22/02/2016	21/03/2016	28	61854	78.54	788
6	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	22/02/2016	21/03/2016	28	61660	78.54	785
7	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.7	23/02/2016	22/03/2016	28	61475	78.54	783
8	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	23/02/2016	22/03/2016	28	61321	78.54	781
9	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	23/02/2016	22/03/2016	28	61580	78.54	784
10	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.2	24/02/2016	23/03/2016	28	61432	78.54	782
11	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	24/02/2016	23/03/2016	28	61358	78.54	781
12	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.6	24/02/2016	23/03/2016	28	61660	78.54	785
13	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	26/02/2016	25/03/2016	28	61730	78.54	786
14	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.8	26/02/2016	25/03/2016	28	61520	78.54	783
15	CONCRETO CON MICROSILICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.7	26/02/2016	25/03/2016	28	61900	78.54	788
	PROMEDIO							784


UNASAM
 Facultad de Ingeniería Civil
 Ing. Reynaldo Reyes Roque
 CIP N° 57900
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA
 DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE BRIQUETAS DE CONCRETO**

Norma ASTM C-39 - AASHTO T-22

SOLICITA Mag. Jorge Emiliano Bedon Lopez
 PROYECTO Diseño Optimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas alto andinas del Peru.
 CANTERA Orion
 LUGAR Pariahuanca
 DIMENSIONES TESTIGO Altura : 20 cm. Diámetro : 10 cm.

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm2	f'c (Kg/cm2)
			MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.6	08/03/2016	06/06/2016	90	71800	78.54	914
2	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	08/03/2016	06/06/2016	90	71932	78.54	916
3	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	08/03/2016	06/06/2016	90	71765	78.54	914
4	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.8	09/03/2016	07/06/2016	90	71868	78.54	915
5	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	09/03/2016	07/06/2016	90	71964	78.54	916
6	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	09/03/2016	07/06/2016	90	71700	78.54	913
7	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.6	10/03/2016	08/06/2016	90	71894	78.54	915
8	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	10/03/2016	08/06/2016	90	71780	78.54	914
9	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.8	10/03/2016	08/06/2016	90	71669	78.54	913
10	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	11/03/2016	09/06/2016	90	71864	78.54	915
11	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	11/03/2016	09/06/2016	90	71592	78.54	912
12	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.6	11/03/2016	09/06/2016	90	71886	78.54	915
13	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.5	12/03/2016	10/06/2016	90	71934	78.54	916
14	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.7	12/03/2016	10/06/2016	90	71960	78.54	916
15	CONCRETO CON MICROSIJICE + SUPERPLASTIFICANTE	3.4	12/03/2016	10/06/2016	90	71845	78.54	915
PROMEDIO								901



UNASAM
Facultad de Ingeniería Civil

Reynaldo Reyes Roque
Ing. Reynaldo Reyes Roque
CIP N° 57900
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

