

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**DISEÑO DE CONCRETO 175 Kg/cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> Y 280,  
Kg/cm<sup>2</sup>, CON AGREGADO GRUESO DE  
BOLONERIA DEL RIO HUALLAGA Y AGREGADO  
FINO DEL RIO PARANAPURA.**

**TESIS  
PRESENTADA PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL:  
INGENIERO CIVIL**

**POR:**

**BACH: JONATHAN ENRIQUE FASANANDO PEREZ**

**BACH: BRAYAN FERNANDO GUZMAN TOMANGUILLO**

**ASESOR: ING. MSc WILTON CELIS ANGULO**

**Tarapoto - Perú  
2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**DISEÑO DE CONCRETO 175 Kg/cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> Y 280,  
Kg/cm<sup>2</sup>, CON AGREGADO GRUESO DE  
BOLONERIA DEL RIO HUALLAGA Y AGREGADO  
FINO DEL RIO PARANAPURA.**

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO CIVIL**

**POR:**

**BACH: JONATHAN ENRIQUE FASANANDO PEREZ**

**BACH: BRAYAN FERNANDO GUZMAN TOMANGUILLO**

**SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO:**

**PRESIDENTE: ING.JORGE ISAACS RIOJA DIAZ.....**

**SECRETARIO: ING.CARLOS SEGUNDO HUAMAN TORREJON.....**

**MIEMBRO: ING VICTOR HUGO SANCHEZ MERCADO.....**

**ASESOR: ING. MSc WILTON CELIS ANGULO.....**

## DEDICATORIA

A:

Dios, por habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor

A nuestros padres por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, en toda nuestra educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Maestros por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis

Nuestros amigos quienes fueron un gran apoyo emocional durante el tiempo en que escribíamos esta tesis.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

## AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos a Dios por habernos acompañado a lo largo de nuestra vida profesional, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de Aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Agradecemos a nuestros padres que han dado todo el esfuerzo para que nosotros ahora estemos culminando esta etapa de nuestras vidas, por los valores inculcados y por la oportunidad de brindarnos una buena y sólida educación en el transcurso de nuestras vidas, darles las gracias por apoyarnos en todos los momentos difíciles de nuestra existencia tales como la felicidad la tristeza , gracias a ellos somos lo que ahora somos .

A nuestros familiares cercanos por formar parte de nuestros proyectos, ya que ellos siempre están en los momentos que más los necesitamos, por su paciencia y su amor incondicional.

A los ingenieros que nos apoyaron en brindarnos la información necesaria para la elaboración de nuestros proyectos así como de impartirnos conocimientos nuevos en el campo de la ingeniería.

A nuestros amigos y compañeros de universidad que siempre estuvieron ahí en esos momentos que lo necesitábamos, por confiar y creer en nosotros y haber hecho de nuestra vida universitaria una experiencia que nunca olvidaremos

## ÍNDICE

	<b>Pagina</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	ii
<b>RESUMEN.....</b>	iii
<b>ABSTRACT .....</b>	iv
<b>INDICE.....</b>	v
<b>I. INTRODUCCION</b>	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Exploración Preliminar Orientada a la Investigación	2
1.3. Aspectos Generales de estudio	7
<b>II. MARCO TEORICO</b>	
2.1. Antecedentes, Planeamiento, Delimitación y Formulación del Problema	8
2.1.1 Antecedentes del Problema	8
2.1.2 Planteamiento del Problema	9
2.1.3 Delimitación del Problema	9
2.1.4 Formulación del Problema	9
2.2. Objetivos	10
2.2.1 Objetivos Generales	10
2.2.2 Objetivos Específicos	10
2.3. Justificación de la Investigación	10
2.4. Delimitación de la Investigación	11
2.5. Marco teorico	11
2.6. Hipótesis a Demostrar	48
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
<b>3.1 Materiales</b>	
3.1.1 Recursos Humanos	49
3.1.2 Recursos Materiales	49
3.1.3 Recurso de Equipos	51
3.1.4 Otros Recursos	53

<b>13.1. MÉTODOLOGÍA</b>	53
<b>3.2.1. UNIVERSO, MUESTRA POBLACION</b>	53
3.2.1.1. Universo.	53
3.2.1.2 Población.	54
3.2.1.3 Muestra.	
<b>3.2.2. SISTEMA DE VARIABLES</b>	54
3.2.2.1 Variable Independiente	54
3.2.2.2 Variable Dependiente	
<b>3.2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACION</b>	54
<b>3.2.4 DISEÑO DE INSTRUMENTOS</b>	54
3.2.4.1 Descripción de Ensayos de los Agregados.	55
<b>a) Peso Específico del Agregado Fino (NTP 400.022)</b>	55
a.1) Preparación de la Muestra:	55
a.2) Procedimiento:	56
a.3) Expresión de Resultados:	56
<b>b) Peso Específico del Agregado Grueso (NTP 400.021)</b>	57
b.1) Muestra de Ensayo:	57
b.2) Procedimiento:	58
<b>c) Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Grueso (NTP 400.012)</b>	59
c.1) Muestreo:	59
c.2) Procedimiento:	60
c.3) Cálculo:	60
c.4) Reporte:	61
<b>d) Peso Unitario del Agregado (NTP 400.017)</b>	61
d.1) Selección del Procedimiento	62
d.2) Procedimiento	62
d.3) Cálculos	63
d.4) Contenido de Vacíos	63
d.5) Precisión agregado grueso (Peso Unitario)	63

d.6) Precisión agregado fino (Peso Unitario)	64
<b>e) Material que pasa la malla N° 200 (NTP 339.132)</b>	65
e.1) Muestra de Ensayo	65
e.2) Procedimiento	66
e.3) Cálculos	66
<b>f.) Análisis de Contenido Químico en Agregados</b>	66
f.1) Contenido de Sulfatos Solubles (NTP 339.177)	67
f.2) Contenido De Cloruros Solubles (NTP 339.178)	68
<b>g) Ensayo de Abrasión (ASTM C-131)</b>	68
<b>h) Ensayo de Durabilidad (ASTM C 150)</b>	68
h.1) Ataque Ion Sulfato	69
h.2) Soluciones Necesarias	71
h.3) Muestras	72
h.4) Preparación de las Muestras	73
h.5) Procedimiento de Ensayo	73
<b>i) Ensayo Químicos en Agua (NTP 339.034)</b>	74
i.1) Identificación de Cloruros	75
i.2) Identificación de Sulfatos	76
<b>3.2.4.2 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS</b>	77
<b>3.2.4.2.1 SECUENCIA DE DISEÑO (ACI 211)</b>	77
<b>3.2.4.2.2 DISEÑO Y DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO</b>	78
a) Selección de las proporciones	79
b) Procedimiento de Diseño	79
<b>3.2.4.2.3 Ensayos para Mezclas de Concreto</b>	82
<b>a) Elaboración y curado en el laboratorio de muestras de concreto para ensayos de laboratorio (NTP 339.033)</b>	82
a.1) Aparatos	83
a.2) Muestras	83
a.3) Recomendaciones tomadas en cuenta para la preparación de los materiales	84
a.3.1 Temperatura	84
a.3.2 Cemento	84
a.3.3 Agregados	84
a.4) Determinese el peso del agregado que va a ser usado en la batchada por uno de los siguientes procedimientos	85

a.5) Vaciado del Concreto	86
a.6) Curado	88
b) Peso Unitario, Rendimiento y Contenido de Aire del Concreto (NTP 339.046).	89
c) Medición o Estimación de la Consistencia (NTP 339.035)	92
3.2.4.3 INSTRUMENTOS BIBLIOGRÁFICOS	94
3.2.4.3.1 De lo relacionado a Normas de Concreto	94
3.2.4.3.2 De lo Relacionado a las Técnicas Estadísticas	95
a) Diseño Experimental	95
b) Principios básicos del diseño de experimentos	95
c) Conceptos básicos	96
3.2.4.3.3 INSTRUMENTOS DE LABORATORIO	97
3.2.5 PROCESAMIENTO DE INFORMACION	97
3.2.5.1 Ensayos Preliminares	97
3.2.5.1.1 Características Físicas del Agregado Fino	97
3.2.5.1.2 Características Físicas del Agregado Grueso	98
3.2.5.1.3 Presencia de Partículas Chatas y Alargadas	99
3.2.5.1.4 Presencia de Partículas Desmenuzables	100
3.2.5.1.5 Análisis Químico	100
3.2.5.2 Diseño del Concreto Patrón	100
<b>IV. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS</b>	
4.1. ANALISIS	104
4.1.1 Generalidades	104
4.1.2 Ensayos Preliminares	104
4.1.3 Diseños de Mezcla	105
4.1.4 Propiedades del Concreto en Estado Fresco	106
4.1.5 Propiedades del Concreto en Estado Endurecido	106
4.2 DISCUSION DE RESULTADOS	107
4.2.1 Agregados	107
4.2.2 Ajustes en el Diseño de Mezclas	108
4.2.3 Diseño del Concreto Patrón	108
4.2.4 Consistencia	108
4.2.5 Peso unitario de concreto fresco	108
4.2.6 Resultados de la Resistencia a la Compresión	108



4.2.7 Análisis Estadístico	108
4.2.8 Contratación de Hipótesis	108
<b>V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	109
5.1 Conclusiones	109
5.2 Recomendaciones	109
VI.BIBLIOGRAFÍA	110
VII.LINKOGRAFIA	111
VIII.ANEXOS	
PANEL FOTOGRAFICO	
ENSAYOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO	



## RESUMEN

El presente trabajo de Tesis se a desarrollado en los ambientes del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, con fines de Titulación como Ingenieros Civiles, teniendo como punto de Trabajo el Laboratorio de Ensayo de Materiales para el Estudio del Agregado Grueso y Agregado Fino de las Canteras del Río Huallaga y Río Parapapura respectivamente, y su correspondiente aplicación para los Diseños de Mezclas para la obtención de los concretos de resistencia a la comprensión 175 kg/cm<sup>2</sup>, 210 kg/cm<sup>2</sup>, 280 kg/cm<sup>2</sup>.

La investigación a realizarse referente al Diseño de Concretos de 175 Kg/ cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup> se basa a la combinación de agregados de dos ríos diferentes, lo que se trata de mejorar para alcanzar una óptima calidad, pero también podemos apreciar que los cambios producidos durante los estudios de laboratorio exigen realizar algunos ajustes para lograr el objetivo planteado teniendo en consideración nuevas formas y métodos de desarrollo que ayudan a ir puliendo detalles para alcanzar el objetivo final.

La Metodología de estudio desarrollado en este estudio de Investigación para estudiar, analizar y diseñar concretos de resistencia a la comprensión de 175 kg/cm<sup>2</sup>, 210 kg/cm<sup>2</sup>, 280 kg/cm<sup>2</sup> utilizado el Agregado Grueso del río Huallaga y el Agregado Fino del río Parapapura fue la de aplicar las Normas Técnicas y Métodos Específicos para la obtención de diseños de mezclas

Finalmente se muestra los resultados del estudio en la que se analiza y evalúa los datos obtenidos en los ensayos de Laboratorio para la obtención de los diseños 175 kg/cm<sup>2</sup>, 210 kg/cm<sup>2</sup>, 280 kg/cm<sup>2</sup> utilizado el Agregado Grueso del río Huallaga y el Agregado Fino del río Parapapura para concluir con su respectivo informe final lo cual aportara al estudio e investigación de posteriores trabajos de Investigación de nuestra Universidad.

**PALABRAS CLAVES:** Diseño de Mezclas, Agregado Grueso, Agregado Fino, Resistencia a la comprensión, Abrasión, Ensayo de Laboratorio.

## ABSTRACT

The present work of Thesis was developed in the environments of the Laboratory of Soil Mechanics of the Professional School of Civil Engineering of the Faculty of Civil Engineering and Architecture of the National University of San Martín-Tarapoto, with the purpose of Titling as Civil Engineers, Having as Work point the Laboratory of Materials Testing for the Study of the Coarse and Fine Aggregate of the Quarries of the Rio Huallaga and Rio Parapapura respectively, and its corresponding application for the Mixtures Designs to obtain the concrete of resistance to the 175 kg / cm<sup>2</sup>, 210 kg / cm<sup>2</sup>, 280 kg / cm<sup>2</sup>.

The research to be carried out concerning the Concrete Design of 175 Kg / cm<sup>2</sup>, 210 Kg / cm<sup>2</sup> and 280 Kg / cm<sup>2</sup> is based on the combination of aggregates of two different rivers, which is to improve to achieve optimum quality, but also We can appreciate that the changes produced during the laboratory studies require some adjustments to achieve the objective set taking into consideration new forms and methods of development that help to go through details to reach the final goal.

The study methodology developed in this research study to study, to analyze and to design concrete of resistance to the comprehension of 175 kg / cm<sup>2</sup>, 210 kg / cm<sup>2</sup>, 280 kg / cm<sup>2</sup> used the Thick Aggregate of the Huallaga river and the Fine Aggregate of the river Parapapura was the one to apply the Technical Norms and Specific Methods for the obtaining of designs of mixtures

Finally, we present the results of the study in which the data obtained in the laboratory tests for the 175 kg / cm<sup>2</sup>, 210 kg / cm<sup>2</sup>, 280 kg / cm<sup>2</sup> used in the Thick Aggregate of the Huallaga River are analyzed and evaluated The Fine Aggregate of the Parapapura river to conclude with its respective final report which will contribute to the study and investigation of later research work of our University.

**KEYWORDS:** Mixture Design, Thick Aggregate, Fine Aggregate, Resistance to Understanding, Abrasion, Laboratory Testing.

# **I INTRODUCCIÓN**

## **1.1 GENERALIDADES**

La investigación a realizarse referente al Diseño de Concretos de 175 Kg/ cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup> se basa en la combinación de agregados de dos ríos diferentes, lo que se trata de mejorar para alcanzar una óptima calidad, pero también podemos apreciar que los cambios producidos, no solo alimentan el ansia de conocimiento sino que hay nuevas alternativas de desarrollo que ayudan a ir puliendo detalles para alcanzar el objetivo final.

El problema que se decidió investigar, gira en torno a la falta de investigación en la combinación de agregados de dos ríos diferentes. Este tema se considera fundamental para el diseño de construcciones especiales.

Metodológicamente, el diseño de mezcla de concreto, se preparó de conformidad a lo indicado en las normas técnicas, para uso de los insumos que comprende el diseño así como para la elaboración misma del concreto.

Los diseños fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, iniciándose con una proporción tentativa de materiales en base a un diseño teórico, ajustándose en dos repeticiones llegando a un diseño definitivo.

La introducción compromete el esquema capitular. En el capítulo I se indican los antecedentes; el planteamiento, delimitación y formulación del problema; así como el objetivo, la justificación y delimitación de la investigación.

En el capítulo II, concretamos el Marco teórico, el cual está constituido por los trabajos de investigación que anteceden a nuestro estudio y por la síntesis de las principales teorías que sustentan la propuesta. Tanto las teorías como los antecedentes permiten ver el por qué y el cómo de nuestra investigación.

En el capítulo III, se describen los materiales y la metodología usada en la investigación; así como el universo, población y muestra del presente trabajo, el diseño

experimental, el diseño de instrumentos relacionado a normas de concreto y a técnicas estadísticas, de laboratorio y del propio diseño de concreto.

En el capítulo IV, se indican los resultados obtenidos en cuanto a las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido que muestran la evolución de la resistencia del concreto conforme avanza las edades del mismo, así como la propia resistencia del concreto obtenido. También se indica la comparación de estos resultados de concreto patrón con el concreto adicionado con aditivos.

En el capítulo V, se analizan y discuten los resultados obtenidos, tanto de los insumos o materiales utilizados en la preparación del concreto, de las propiedades del mismo concreto, así como de la resistencia a la compresión alcanzada.

Finalmente en el capítulo VI, se indican las conclusiones y recomendaciones del presente estudio de investigación.

Por lo tanto es de esperar de la presente Tesis sirva como un peldaño más en el avance y mejoramiento de la Tecnología del Concreto, y siempre tratando que todos los conocimientos adquiridos sean puestos en práctica, ya que es la única forma de poder apreciar lo que nosotros consideramos un avance hoy en día, tal vez con el transcurrir del tiempo quede obsoleto al encontrarse nuevas metodologías al tratar de alcanzar una óptima calidad en la Tecnología del Concreto.

## **1.2 EXPLORACION PRELIMINAR ORIENTANDO LA INVESTIGACION**

Los Diseños de concreto se comenzaron a desarrollar con estudios previos de laboratorio a partir de 1985 en los Estados Unidos, Japón y Alemania, debido fundamentalmente a que ya se había llegado a la conclusión, gracias a estudios previos, que se ganaba resistencia y se mejoraba la trabajabilidad.

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 comportamientos de estos concretos.

El propósito de ésta investigación es tratar de identificar los materiales y proporciones que conducirán a un mejor resultado, no sólo en resistencia, sino también en otras

propiedades que deberán ser cuidadosamente seleccionados empleando todas las técnicas disponibles para garantizar el éxito de esta investigación

Existen un sin número de definiciones de concreto de alta resistencia por lo cual no existe una definición universalmente aceptada, muchas instituciones reconocidas internacionalmente han definido a los concretos de alta resistencia cada cual con diferentes criterios de evaluación, algunas de estas definiciones son resumidas a continuación:

**El Instituto Americano del Concreto: (Russell 1999) American Concrete Institute (ACI)<sup>1</sup> ; indica que** “un concreto de alto desempeño es el que reúne una combinación especial de requerimientos de desempeño y uniformidad que no siempre pueden ser logrados usando materiales tradicionales, mezclado normal, criterios de colocación normales y prácticas de curado ordinarias”. Un concreto de alto desempeño es un concreto en el cual ciertas características son desarrolladas para una aplicación y medio ambiente particular.

Ejemplos de estas características que pueden ser consideradas críticas para una aplicación y éstas son<sup>2</sup>:

- 1.- Facilidad en su colocación.
- 2.- Compactación sin segregación.
- 3.- Propiedades mecánicas a largo plazo.
- 4.- Resistencia inicial.
- 5.- Permeabilidad.
- 6.- Densidad.
- 7.- Calor de hidratación.
- 8.- Dureza.
- 9.- Estabilidad volumétrica.
- 10.-Gran periodo de vida de servicio en un medio ambiente severo.

#### **Comentario de la definición**

La definición propuesta en 1998 por el Subcomité THPC del ACI formado en 1991, es una definición general que intenta incluir una variedad de concretos que tienen

---

<sup>1</sup> Portugal Barriga, Pablo. Tecnología del Concreto de Alto Desempeño. pág. 11

<sup>2</sup> Portugal Barriga, Pablo. Tecnología del Concreto de Alto Desempeño. pág. 12

propiedades especiales que no son comunes es un concreto convencional y no establece ningún parámetro máximo o mínimo que un determinado concreto deba cumplir a diferencia de otras definiciones.

**El Departamento Federal de Administración de Carreteras de los Estados Unidos (1998)<sup>3</sup>**, plantea que “un concreto de alto desempeño es diseñado para ser más durable y si es necesario más resistente que un concreto convencional”.

Los concretos de alto desempeño están compuesto de esencialmente los mismos materiales que un concreto convencional. Pero las proporciones son diseñadas para proveer la resistencia y durabilidad necesaria para los requerimientos estructurales y medio ambientales del proyecto.”

#### **Comentario de la definición**

Esta definición conjuntamente con la del Instituto Americano del Concreto son las más aceptadas internacionalmente, sin embargo es importante destacar que el Departamento Federal de Administración de Carreteras también ha publicado otras definiciones anteriores, las cuales estaban orientadas a estructuras específicas como es el caso de los puentes.

**El Programa Estratégico de Investigación de Carreteras (Zia, 1991)<sup>4</sup>**, plantea que:

**a)** Un concreto de alto desempeño debe cumplir con una de las siguientes características:

- 1.- Resistencia a la compresión a los 28 días mayor o igual a 700 kg/cm<sup>2</sup>.
- 2.- Resistencia a la compresión a las 4 horas mayor o igual a 200 kg/cm<sup>2</sup>.
- 3.- Resistencia a la compresión a las 24 horas mayor o igual a 350 kg/cm<sup>2</sup>.

**b)** Un concreto de alto desempeño debe tener un factor de durabilidad mayor que 80% después de 300 ciclos de congelamiento y deshielo.

**c)** Un concreto de alto desempeño debe tener una relación agua/materiales cementicios menor o igual que 0.35.

---

<sup>3</sup> Portugal Barriga, Pablo. Tecnología del Concreto de Alto Desempeño. pág. 12

<sup>4</sup> Portugal Barriga, Pablo. Tecnología del Concreto de Alto Desempeño. pág. 13



### **Comentario de la definición**

La definición del Programa Estratégico de Investigación de Carreteras abarca una resistencia específica, durabilidad y características del diseño de mezclas. Se debe tener en cuenta que esta definición fue desarrollada primordialmente para los requerimientos en la construcción de carreteras y no para obras en general.

**La Universidad de Tokyo (1990)**<sup>5</sup>, también precisa que “un concreto de alto desempeño debe cumplir con las siguientes características”:

- 1) Habilidad para llenar los encofrados con poco o sin esfuerzo externo de compactación.
- 2) Una mezcla cohesiva con baja segregación.
- 3) Fisuración mínima a edades tempranas causadas por la contracción o las deformaciones técnicas.
- 4) Suficiente resistencia a largo plazo y baja permeabilidad.

### **Comentario de la definición**

En esta definición, el concreto de alto desempeño es caracterizado como un “concreto nivelador” que compensa las prácticas de construcción y detallado estructural deficiente y es una reflexión que hacen japoneses al énfasis en la constructibilidad tanto como a la resistencia y durabilidad del concreto.

**El Instituto del Concreto Pretensado (1994)**<sup>6</sup>, señala que “un concreto de alto desempeño es un concreto con o sin microsílíce que tiene una relación agua/cemento de 0.38 o menos, resistencia a la compresión igual o mayor a 552 kg/cm<sup>2</sup> y permeabilidad (medida por AASHTO T-259 o T-277) 50% más baja que la de un concreto convencional”.

**La Fundación de Investigación en Ingeniería Civil (1994)**<sup>7</sup>, también indica que “al contrario de un concreto convencional, un concreto de alto desempeño debe tener uno o más de estos requisitos”:

- 1) Fácil colocación y compactación.
- 2) Alta resistencia inicial.

---

<sup>5</sup> Portugal Barriga, Pablo. Tecnología del Concreto de Alto Desempeño. pág. 14

<sup>6</sup> Portugal Barriga, Pablo. Tecnología del Concreto de Alto Desempeño. pág. 14

<sup>7</sup> Portugal Barriga, Pablo. Tecnología del Concreto de Alto Desempeño. pág. 14

- 3) Exhibir propiedades mecánicas a largo plazo superiores, resistencia a la abrasión o cargas de impacto, y baja permeabilidad.
- 4) Exhibir estabilidad volumétrica y así menos deformaciones y menos fisuras.
- 5) Mayor periodo de resistencia a ataque químicos, ciclos de congelamiento y deshielo o altas temperaturas.
- 6) Demostrar durabilidad mejorada.

**El Dr. Adam Neville (Reino Unido)**<sup>8</sup>, en su libro **Tecnología del Concreto**, precisa que “en discusión al concreto de alta performance, sus características especiales son tales que sus componentes y proporciones son específicamente escogidas para tener las propiedades particularmente apropiadas para el uso esperado de la estructura, estas propiedades son usualmente una alta resistencia o baja permeabilidad”.

**Definición del Ing. C. H. Goodspeed (Estados Unidos)**<sup>9</sup>: “puede llamarse concreto de alto desempeño (HPC) a cualquier concreto que satisface ciertos criterios propuestos que superan las limitaciones de concretos convencionales, estos pueden incluir concretos con mejorada resistencia a la acción del medio ambiente (durables) o un incremento de la capacidad estructural mientras mantienen una adecuada durabilidad”.

Pueden también incluirse concretos que reducen significativamente el tiempo de construcción sin compromiso de un largo periodo de servicio. Por consiguiente no es posible dar una única definición de HPC sin considerar los requerimientos de desempeño dado por las condiciones de uso del concreto.

**Definición de los ingenieros Ryan y Potter (Australia)**<sup>10</sup>: “un concreto de alto desempeño es el que reúne múltiples criterios de desempeño los cuales son significativamente más estrictos que los requeridos para concretos convencionales”

**Definición del Ing. Swamy (Reino Unido)**<sup>11</sup>: “un concreto de alto desempeño tal como es diseñado para dar características optimizadas de desempeño para condiciones 12

---

<sup>8</sup> Neville, Adam. Tecnología del Concreto, Tomo I. pág. 38.

<sup>9</sup> Portugal Barriga, Pablo. Tecnología del Concreto de Alto Desempeño. pág. 15

<sup>10</sup> Portugal Barriga, Pablo. Tecnología del Concreto de Alto Desempeño. pág. 15

<sup>11</sup> Portugal Barriga, Pablo. Tecnología del Concreto de Alto Desempeño. pág. 15.

### **1.3 ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO**

La presente investigación trata de buscar una metodología para obtener concretos de resistencia, 175 Kg/ cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup> kg/cm<sup>2</sup>, usando Agregado Grueso del rio Huallaga y Agregado Fino del rio Parapapura además de Cemento Portland Tipo I, considerando asentamientos en el rango de 3" – 4" para lo cual se empezó con el diseño de un concreto patrón, el cual sirvió de base principal para la obtención del concreto de alta resistencia.

Así mismo, expone las propiedades de los diferentes materiales usados en la investigación, para lo cual los agregados (grueso y fino) fueron ensayados para conocer sus propiedades,.

Para el diseño del concreto patrón, los porcentajes de arena y piedra para el agregado fueron del 40% y 60% respectivamente, con una relación de agua/cemento que varió en un rango de 0.42 hasta el definitivo de 0.55

A partir de la Dosificación patrón de concreto , adicionando la relación A/C en diferentes dosificaciones de prueba para, finalmente, optar por las proporciones de mejores resultados, usando como diseño final una dosificación de 1.0% y 10% del peso del cemento respectivamente.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES, PLANTEAMIENTO, DELIMITACION Y FORMULACION DEL PROBLEMA A RESOLVER

#### 2.1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Según Eduardo Pinchi<sup>12</sup>, “desde que se presentó la Tesis de “Mezclas de Concreto y sus resultados en la ciudad de Tarapoto” se abrió una ventana a la investigación para el estudio de diseño de mezclas con la intervención de dos canteras diferentes para su aprovechamiento en obras de construcción civil, siendo este un primer peldaño en el desarrollo de investigación relacionados al estudio de las propiedades y características de los agregados.

Roger García<sup>13</sup>, aporta su tesis denominada “Diseño de Mezcla de concreto de f'c 280 kg/cm<sup>2</sup> utilizando Aditivos, que ha permitido gradualmente abordar el tema de agentes químicos y aditivos para alcanzar las resistencias a la comprensión especificadas”. Siendo este otro antecedente y alcance para el estudio del diseño de mezclas.

Roger Meléndez<sup>14</sup>, asegura que “Resultados Comparativos de diseños de Mezclas de Concreto con Agregados de los ríos Cumbaza y Huallaga “ se orientan a fomentar la investigación de dos canteras para la elaboración de diseños de mezclas siempre dentro de los criterios permisibles de la Normas ASTM de agregados Grueso Y Fino , con criterios y Especificaciones ; a trabajar para la obtención de concretos de diseños preestablecidos.

Néstor Sánchez<sup>15</sup>, en su trabajo de investigación respalda las incidencias del agregado Grueso del rio Huallaga en la obtención de diseños de mezclas de concreto simple para cimentaciones corridas.

#### 2.1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el estudio de las propiedades de los agregados existentes en Nuestra Región es un tema de suma interés para los avances en la tecnología de concreto además de ser un tema que influye en otras Ramas de la Ingeniería Civil, no tan solo

---

<sup>12</sup> PINCHI VASQUES, Eduardo, Diseño de Mezclas. pág. 40

<sup>13</sup> GARCIA CORDOVA, Roger, Elaboración de Especímenes. pág. 5

<sup>14</sup> MELENDEZ GANOZA, ROGER, Proporcionamiento de los componentes del concreto como resultado del diseño de las Mezclas con Agregados de los ríos en estudio .pág. 102

<sup>15</sup> SANCHEZ MERCADO, Néstor Jesús, Diseño de Mezclas. pág. 62

en la ejecución de obras públicas, en donde el tipo de concreto en resistencia oscila desde el más bajo de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ , hasta el más alto de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

Los diseños elaborados de resistencia a la Comprensión para las diferentes estructuras en un proceso constructivo , implican un gran costo en la construcción y/o elaboración de este, por solo contar con los agregados de nuestra Región, específicamente de una variedad de canteras que ofrecen estos, insumos de todo tipo de calidad, ya sea en resistencia y costo.

Debido a nuestras limitaciones no se usan concretos de alta resistencia como en los países desarrollados, en el que usan tecnología de punta para mejorar la calidad de los insumos y adicionalmente el incremento de aditivos especiales para su mejor desempeño ante solicitudes de diseño especiales.

Es necesario aportar y proponer el uso de nuevas propuestas tecnológicas en lo que a concreto se refiere teniendo en cuenta las mejoras de las propiedades considerando el desempeño y participación de la combinación de dos canteras diferentes para su Elaboración.

### **2.1.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

En el presente estudio se pretende establecer especificaciones técnicas para un concreto no convencional de  $175 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $210 \text{ Kg/cm}^2$  y  $280 \text{ Kg/cm}^2$ , con los respectivos insumos que requiere para su realización, como agregados grueso (piedra triturada) y fino (arena), que serán tomados de las playas de la margen izquierda del río Huallaga, y del río Parapapura. Teniendo en consideración aspectos Técnicos de Laboratorio y ajustados a un criterio de Tiempo para su realización.

### **2.1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El problema surge a partir de la falta de estudios específicos de cómo alcanzar concretos con la combinación de estos agregados fino y grueso con los materiales de las canteras existentes en nuestra Región, el uso de concretos de baja resistencia limita ejecutar construcciones especiales tales como colocar concreto en servicio a una edad mucho menor, como por ejemplo dar tráfico a pavimentos a 03 días de su colocación; construir edificios altos reduciendo la sección de las columnas e incrementando el espacio disponible; construir superestructuras de puentes de mucha

luz y mejorar la durabilidad de sus elementos; así como otras construcciones especiales tales como presas, cubiertas de graderías, cimentaciones fluviales, pisos industriales de tráfico pesado etc.

Dado el problema, como lo mencionamos anteriormente, es necesario establecer Especificaciones técnicas para lograr diseños de concretos capaz de superar y establecerse en obras de construcción en nuestra Región , mediante la selección de dos canteras diferentes que podrían ser un alcance para posteriores investigaciones en cuanto a diseños de concretos con la utilización de canteras de nuestra Región .

La pregunta es “**¿De qué manera se podría establecer dosificaciones para diseñar concretos de 175 Kg/cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup> con combinaciones de Agregados de dos canteras distintas?**”

## **2.2 OBJETIVOS**

### **2.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar Concretos de 175 Kg/cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup> utilizando agregados de las canteras del Huallaga y del Parapapura.

### **2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Seleccionar el agregado adecuado, de acuerdo a las especificaciones técnicas revisadas, procediendo con la evaluación de la cantera del rio Huallaga y del rio Parapapura, Apoyados de las Normas ATSM y de los criterios Preestablecidos.
- 2 Diseñar y obtener concretos de resistencia **175 Kg/cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup>**, utilizando agregados de la cantera del rio Huallaga y del rio Parapapura.
- 3 Optimizar la proporción de agregados fino y grueso para obtener un buen diseño. Efectuar los controles de resistencia y evaluar su comportamiento en cada caso.

## **2.3 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION**

Este trabajo de investigación que tiene como necesidad de contar con un estudio que enriquezca la temática regional que se maneja con respecto a concretos de alta resistencia; metodológicamente se busca aplicar correctamente los insumos de la zona

por parte del investigador y las instalaciones adecuadas en el laboratorio de ensayo de materiales.

## **2.4 DELIMITACION DE LA INVESTIGACION**

El presente trabajo de investigación considera utilizar solamente los materiales que están disponibles en las canteras de los ríos Huallaga y Parapapura, referente a agregados grueso y fino que serán tomados de esos ríos; con la finalidad de reducir los costos en insumos en la preparación del concreto.

## **2.5 MARCO TEORICO**

### **2.5.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION**

Según el informe “Diseño de Mezclas” (2006)<sup>16</sup>, señala que un correcto diseño de mezclas está orientado a seguir los procedimientos a seguir para proporcionar las cantidades exactas de materiales en la obtención concretos de peso normal. Este es un resumen recopilado de las diversas referencias bibliográficas existentes en nuestro medio.

La Tesis “Manual de Practicas de Concreto” (2009)<sup>17</sup>, indica que “el empleo de técnicas y procesos para la obtención de diseños de concretos con intervención de normas estandarizadas

En el Perú, el diseño de Mezclas se ha vuelto en un tema ya está presente en los temas de Tesis, tanto en el área de investigación como en el área de construcción en sí misma.

Las primeras Tesis de Grado realizadas en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería Civil son: concreto de Alta Resistencia-Autor: Máximo Aire Untireos-1995, Concreto de Alta Resistencia-Autor: Jesús Breña-1987, Incorporación del Micro sílice para la Obtención de Concreto de Alta Resistencia-Autor: Eddy Vargas Calle-1995, Concreto de Alta Resistencia-Autor: José Álvarez Cangalahua-1996. El Asesor de ésta Tesis ha sido el Ingeniero Enrique Riva López.

En Japón, Canadá, Francia, Estados Unidos Alemania, Austria Inglaterra y otros, realizaron ensayos sobre concretos de alta resistencia utilizando superplastificantes. Así mismo se tuvo en cuenta también que cuando se requieren resistencias a la

---

<sup>16</sup> Informe de Diseño de Mezclas- Mar-2006, Diseño de Mezclas. pág. 30

<sup>17</sup> Manual de Practicas de Concreto -Marzo-2009, Concretos de Alta Performance. pág. 55

compresión superiores a los 420 kg/cm<sup>2</sup> las propiedades de los agregados asumen importancia creciente, reportes presentados por Walker y Blomem<sup>18</sup>, quienes manifiestan que, “en mezclas ricas en cemento, es decir aquellas que tienen pasta suficiente para cubrir todas las partículas, si se disminuye el tamaño máximo del agregado, aumenta tanto la superficie específica del agregado como la adherencia entre mortero y agregado, con lo cual se incrementa en forma sustancial la resistencia del concreto, así también se debe tener presente en el exceso de finos por que puede causar agrietamientos por contracción plástico”.

La Revista El Ingeniero Civil (2000)<sup>19</sup>, menciona algunos edificios construidos con estos concretos son los siguientes: Marwa City (Chicago-1962), La Torre Lake Point (Chicago-1963), One Shell Plaza (Houston-1970), Walter Tower Place (Chicago-1975), 311 South Wacker Drive (Chicago-1975).

Aire y Rivva<sup>20</sup>, agregan que “un ejemplo de aplicación de concreto de alta resistencia de los últimos tiempos son las Torres Petronas de Kuala Lumpur, uno de los edificios más altos del mundo, con una altura de 451 metros. Construidas con el concreto de alta resistencia, que le dieron una mayor rigidez a las estructura, comparada con las construidas con perfiles de acero que disminuyen la oscilación lateral”.

En cuanto al uso en la construcción, aunque no ha habido grandes vaciados, la Compañía UNICON y FIRTH<sup>21</sup>, han incursionado en las investigaciones en su propia planta para las siguientes obras:

#### 1. Hotel Marriot

Compañía: Graña & Montero Contratistas Generales, en donde utilizaron la cantidad de 30m<sup>3</sup> de concreto  $f'c=750 \text{ Kg/cm}^2$  a  $980 \text{ Kg/cm}^2$  a 90 días

#### 2. Fuste Silo Clinker resistente a la abrasión

Compañía: Cementos Lima, en donde utilizaron la cantidad de 138m<sup>3</sup> de concreto  $f'c=764 \text{ Kg/cm}^2$  a  $890 \text{ Kg/cm}^2$  a 60 días.

#### 3. Reservorio de Alta Durabilidad

---

<sup>18</sup> Rivva López, Enrique. Concretos de Alta Resistencia. pág. 1

<sup>19</sup> Revista El Ingeniero Civil-Nº 118-Nov-2000, Concretos de Alta Performance. pág. 30

<sup>20</sup> Carlos Aire Untireos, Enrique Rivva López, VI CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA CIVIL, PONENCIAS CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, Cajam. 1986

<sup>21</sup> Revista El Ingeniero Civil-Nº 118-Nov-2000, Concretos de Alta Performance. pág. 35



Compañía: Constructora Moromisato S.A., usaron la cantidad de 13m<sup>3</sup> de concreto de  $f'c=620 \text{ Kg/cm}^2$ .

4. Estructura Especial Ampliación C.C. Caminos del Inca-cantidad: en el cual usaron 27.5 m<sup>3</sup> de concreto de  $f'c=770 \text{ Kg/cm}^2$  a 915  $\text{Kg/cm}^2$  a 90 días

Todos estos concretos han sido dosificados, usando superplastificantes y microsilíce.

En la Región San Martín se conoce muy poco sobre concretos de resistencias mayores a 600  $\text{kg/cm}^2$ , los únicos trabajos realizados sobre este tema son Tesis:

“Diseño de Mezclas de Concreto de Alta Resistencia”, Autor: Cristian Sandoval Garay (2003)<sup>22</sup>, la cual fue sustentada en la Universidad Nacional de San Martín-Facultad de Ingeniería Civil. En este estudio se logró obtener experimentalmente un concreto de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, utilizando superplastificante y aditivos.

“Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=480 \text{ kg/cm}^2$ , usando agregados del Rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto”, Autor: Mario García Torres (2013)<sup>23</sup>, la cual fue sustentada en la Universidad Nacional de San Martín-Facultad de Ingeniería Civil. En este estudio se logró obtener experimentalmente un concreto de  $f'c=480 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, utilizando superplastificante y aditivos.

## **2.5.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.5.2.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO**

#### **2.5.2.1.1 TRABAJABILIDAD:**

Portugal Barriga<sup>24</sup>, manifiesta que encontrar una definición de trabajabilidad, es ya una idea muy subjetiva, las diferentes definiciones tratan de enlazar parámetros calificables según la perspectiva de cada evaluador, sin embargo, encontrar una definición adecuada para la trabajabilidad de los concretos de alto desempeño es necesaria, la definición propuesta por Glanville, Collins y Matthews nos dice que “la trabajabilidad se puede definir mejor como la cantidad de trabajo interno útil que se requiere para producir una compactación total”, esta definición originada del supuesto que solo la fricción interna (esfuerzo de fluencia), es una propiedad intrínseca de la mezcla nos

---

<sup>22</sup> GARAY SANDOVAL, Cristian, Diseño de Mezclas de Concreto de Alta Resistencia, Tesis, Marzo 2003

<sup>23</sup> GARCIA TORRES, Mario, Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=480 \text{ kg/cm}^2$ , usando agregados del Rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto. Tesis, Junio 2013.

<sup>24</sup> PORTUGAL BARRIGA, Pablo. Tecnología del Concreto de Alto Desempeño, pág.198.

brinda una aproximación cuantitativa de la trabajabilidad, sin embargo define un estado ideal de compactación total la cual nunca se logrará, una corrección bastante simple a esta definición es la que a continuación proponemos, *“la trabajabilidad se puede definir como la cantidad de trabajo interno útil que se requiere para producir una compactación adecuada de la mezcla”*.

Pasquel Carbajal<sup>25</sup>, señala que está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto.

#### **2.5.2.1.2 CONSISTENCIA:**

Cachay Huamán<sup>26</sup>, considera que es una propiedad del concreto fresco que está en relación directa con el grado de humedecimiento de la mezcla, determinando de acuerdo al menor o mayor contenido de agua 3 tipos de mezclas:

- ❖ Mezclas secas
- ❖ Mezclas plásticas
- ❖ Mezclas húmedas

La prueba del cono de Abrams o de slump es tal vez el ensayo más largamente usado para caracterizar la consistencia de un concreto. Muchos investigadores han tratado de realizar modelos con los cual puedan predecir el valor de slump, sin embargo los modelos presentados hasta el momento presentan un error promedio alto.

Portugal Barriga<sup>27</sup>, comparte que la adición de la microsílíce a las mezclas ha dado como resultado un concreto más cohesivo y menos propenso a la segregación, este comportamiento se observó en todas las mezclas elaboradas con este material.

#### **2.5.2.1.3 COMPACIDAD:**

Gonzales García<sup>28</sup>, dice que es un factor característico de la trabajabilidad y está relacionado con la compactibilidad, y es la propiedad que debe tener todo concreto de modo que en un volumen fijo quepa la mayor cantidad de agregado grueso y la mayor cantidad de pasta. En estas condiciones se obtendrá un concreto muy denso de gran resistencia y más impermeable, es decir, muy estable cuando está endurecido.

---

<sup>25</sup> PASQUEL CARBAJAL, Enrique. Tópicos de Tecnología del Concreto. pág. 131

<sup>26</sup> CACHAY HUAMAN, Rafael. Diseño de Mezclas. pág. 41.

<sup>27</sup> PORTUGAL BARRIGA, Pablo. Tecnología del Concreto de Alto Desempeño, pág.200.

<sup>28</sup> GONZALES GARCIA, José Luis, Las mezclas de concreto y sus resultados en la ciudad de Tarapoto utilizando el método de agregado Global y Modulo de Finura, pág. 29

#### **2.5.2.1.4 PESO UNITARIO:**

Aybar de la Torre<sup>29</sup>, señala que el peso unitario del concreto es el peso varillado por una unidad de volumen de una muestra representativa del concreto. Se expresa en  $\text{kg/m}^3$ .

El procedimiento para su determinación, consiste en llenar un molde de volumen determinado (muestra representativa), en tres capas sucesivas con 25 golpes cada capa y luego pesar. Entonces por definición.

Peso unitario del concreto es igual al peso total menos el peso del molde entre el volumen del molde.

De acuerdo al tipo de agregado utilizado, los concretos se clasifican en:

- Concreto Normales ( $2200 - 2500 \text{ Kg/m}^3$ )
- Concretos Livianos ( $600 - 1800 \text{ kg/cm}^3$ )
- Concretos Densos ( $2700 - 4500 \text{ kg/m}^3$ )

#### **2.5.2.1.5 CONTENIDO DE AIRE:**

Gonzales García<sup>30</sup>, en su trabajo de Tesis agrega que esta es una propiedad que tiene todo concreto, puesto que el aire es un volumen integrante de una mezcla y su presencia es inevitable. La importancia radica en el porcentaje de aire que contenga una mezcla y el cómo manejarlo para que su presencia no afecte las propiedades requeridas.

El contenido de aire influye en concretos que no hayan tenido una buena dosificación, transporte y compactación, originando cangrejeras formando un porcentaje de aire indeseable, constituyéndose en vías de ataque para los agentes climáticos.

Una cantidad significativa de material que pase la malla N° 200, especialmente en la forma de arcilla, puede reducir el contenido de aire en el concreto y obligar a que se emplee más aditivo incorporado de aire para obtener los mismos resultados.

---

<sup>29</sup> AYBAR DE LA TORRE, Miguel. Tecnología del concreto, pág. 24

<sup>30</sup> GONZALES GARCIA, José Luis, Las mezclas de concreto y sus resultados en la ciudad de Tarapoto utilizando el método de agregado Global y Modulo de Finura, pág. 30

#### **2.5.2.1.6 SEGREGACION:**

Aybar de la Torre<sup>31</sup>, indica que la segregación representa el estado opuesto de la homogeneidad, se define como la descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero.

Otras causas de segregación menos usuales puede ser el empleo del agregado grueso cuya gravedad específica difiere apreciablemente de la que tiene el agregado fino. Otra puede ser el empleo del agregado grueso cuyo tamaño máximo excede las dimensiones del elemento estructural.

Este es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciéndose en el elemento llenado bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc. Lo que implica un deficiente comportamiento estructural del elemento, la segregación es una función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuando más humedad es ésta y menor cuanto más seca es.

Gonzales García<sup>32</sup>, manifiesta que en la etapa de producción de concreto en obra se tiene que tener bastante cuidado, puesto que generalmente los procesos de transporte, colocación, y compactación del concreto son las causas externas del fenómeno de segregación.

#### **2.5.2.1.7 EXUDACION:**

Aybar de la Torre<sup>33</sup>, manifiesta que se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos.

Este fenómeno ocurre momentos después que el concreto ha sido colocado en el encofrado.

La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua de la misma, así como también de la fuerza del cemento, de la utilización de aditivos, y de la temperatura, en la medida en que a mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación.

---

<sup>31</sup> AYBAR DE LA TORRE, Miguel. Tecnología del concreto, pág. 20

<sup>32</sup> GONZALES GARCIA, José Luis, Las mezclas de concreto y sus resultados en la ciudad de Tarapoto utilizando el método de agregado Global y Modulo de Finura, pág. 31

<sup>33</sup> AYBAR DE LA TORRE, Miguel. Tecnología del concreto, pág. 20

Cuando se aprecia una exudación excesiva, debe adoptarse medidas en su granulometría para controlar o eliminar los efectos negativos que pudiera tener en el resultado final. Una forma de contribuir a controlar la exudación es el empleo de una combinación adecuada de arenas gruesas y finas, a fin de incrementar la superficie específica y disminuir el volumen de exudación.

#### **2.5.2.1.8 COHESIVIDAD:**

Aybar de la Torre<sup>34</sup>, considera que es la propiedad del concreto fresco que trata de impedir la posible segregación de la mezcla durante el traslado, colocación y compactación de la misma. Desde el punto de vista físico y microscópico, se puede interpretar éste fenómeno como las fuerzas de atracción entre las partículas del concreto, las cuales se transmiten a través del medio líquido que las rodea siendo éste “medio líquido” (pasta de cemento) no genera las fuerzas suficientes para mantener “ordenadas” a las partículas (agregados) separándose las livianas de las más pesadas originando segregación en la misma.

#### **2.5.2.1.9 ESTABILIDAD:**

Pasquel Carbajal<sup>35</sup>, agrega que es el desplazamiento o flujo que se produce en el concreto sin mediar la aplicación de fuerzas externas.

### **2.5.2.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO:**

#### **2.5.2.2.1 ELASTICIDAD:**

Rivva López<sup>36</sup>, señala que es la capacidad del concreto de deformarse bajo cargas sin tener deformación permanente se considera una medida de la resistencia del material a deformarse, ya que las mezclas más ricas tienen mayor módulo de elasticidad y por consiguiente mayor capacidad de deformarse que las mezclas pobres.

#### **2.5.2.2.2 RESISTENCIA:**

Gonzales García<sup>37</sup>, indica que es la propiedad por la cual el concreto determina su capacidad para soportar cargas y esfuerzos sin romperse, siendo la resistencia a la

---

<sup>34</sup> AYBAR DE LA TORRE, Miguel. Tecnología del concreto, pág. 24

<sup>35</sup> PASQUEL CARBAJAL, Enrique. Tópicos de Tecnología del Concreto. pág. 134

<sup>36</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique. DISEÑO DE MEZCLAS. pág. 32

<sup>37</sup> GONZALES GARCÍA, José Luis, Las mezclas de concreto y sus resultados en la ciudad de Tarapoto utilizando el método de agregado Global y Modulo de Finura, pág. 33

compresión la que establece su calidad. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, expresado en términos de R a/c en peso, también está en función de tipo, características físicas y químicas de sus materiales constituyentes como calidad y tipo de cemento, calidad resistente y granulometría de agregados, como también factores externos, la temperatura, técnicas de mezclado, transporte colocación, compactación y curado del concreto.

Un factor indirecto y de importancia lo constituye el curado puesto que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegaría a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

La relación agua/cemento es el factor quizás más importante que determina el grado de resistencia que adopta un concreto totalmente compactado, que definió Duff Abrams en 1918 “ley de Abrams” y estableció que para un conjunto dado de materiales y condiciones de trabajo, el factor determinante de la resistencia era la relación agua/cemento de diseño, en la que se excluye el agua absorbida por el agregado. En esta teoría las resistencias son mayores con la disminución de la relación agua/cemento.

Pero no olvidemos que los agregados son materiales que representan aproximadamente las  $\frac{3}{4}$  partes de la unidad cúbica de concreto, lo cual influye dependiendo de su forma, textura, dureza, tamaño máximo, granulometría en las propiedades resistentes del concreto.

Esto llevó a que en 1923 el Norteamericano Gilkey observe la ley de Abrams y sostenga que el agregado no es un material inerte de relleno y plantea su teoría en cuanto a la resistencia del concreto y quizás las más aceptable hasta nuestros días.

### **2.5.2.3 ADITIVOS QUIMICOS**

Rivva López<sup>38</sup>, señala que los aditivos son ampliamente empleados en la producción de concretos de alta resistencia. Estos materiales incluyen agentes y adiciones

---

<sup>38</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 21

químicas y minerales. Los primeros desarrollan un sistema de vacíos apropiados para incrementar la durabilidad.

Los aditivos químicos son generalmente producidos empleando lignosulfonatos, ácido hidroxilar carboxílico, carbohidratos, melamina y acetato condensado, y aceleradores orgánicos e inorgánicos de diversas formulaciones. La selección del tipo, marca y dosaje de los aditivos empleados deberá basarse en su comportamiento con otros materiales seleccionados para su uso en el proyecto de investigación, incrementos significativos en la resistencia en compresión, control de la velocidad de endurecimiento, ganancia acelerada de resistencia, mejora en la trabajabilidad y durabilidad, todas ellas contribuciones que pueden esperarse del aditivo o aditivos elegidos. El comportamiento en trabajos previos debe ser considerado durante la selección.

#### **2.5.2.3.1 SUPERPLASTIFICANTES**

Torres<sup>39</sup>, señala que estos son conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango se encuentran especificados en ASTM C 494 y ASTM C 1017, los cuales 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.

Se agregan a los concretos de agua/cemento bajos a normales para producir concretos fluidos de alto asentamiento

Los superplastificante son aditivos derivados de los formaldeidos melanina 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.

También conocido como aditivo reductor de agua de alto rango, su empleo tiene 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 del concreto.

---

<sup>39</sup> TORRES C. Ana. Enrique, Curso Básico de Tecnología del Concreto, pág. 65

Rivva López<sup>40</sup>, añade que la dosificación depende del tipo y marca del producto y se recomienda seguir las recomendaciones del fabricante en cada caso. Su empleo permite reducir el agua en un 20% a 30%, aumentar la facilidad de manejo, y aumentar la resistencia a edades tempranas y finales.

## **2.5.2.4 ADICIONES MINERALES**

### **2.5.2.4.1 MICROSILICE**

Según el Comité 116 del ACI<sup>41</sup>, se entiende por Microsílice a: *“Una sílice no cristalina muy fina producida por hornos de arco eléctrico como un subproducto de la fabricación de silicio metálico o ferro silicio”*. Es un polvo fino de color gris y cumple con la Norma ASTM C1240.

Rivva López<sup>42</sup>, señala que el 93% de su composición es óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>). No contiene cloruros y puede utilizarse en concretos y morteros en conjunto con un superplastificante para obtener la fluidez necesaria para la colocación del concreto. Como datos técnicos se tiene:

- ❖ Apariencia: polvo gris
- ❖ Gravedad específica: 2.20
- ❖ Superficie específica (Blaine) 18000 a 22000 m<sup>2</sup>/Kg
- ❖ Partícula: Amorfa, de forma esférica.
- ❖ Finura (diámetro promedio): 0.1 a 0.2 µm.
- ❖ Porcentaje que pasa 45 µm: 95-100%.

Las Microsílice y los aditivos conteniéndolas han sido empleados en concretos de alta resistencia para propósitos estructurales y para aplicaciones superficiales y como material de reparación en situaciones en las que la resistencia a la abrasión y la baja permeabilidad son ventajosas.

Asimismo Rivva Lopez<sup>43</sup>, manifiesta que la microsílice consiste en partículas vítreas muy finas con un área superficial del orden de 20,000 m<sup>2</sup>/Kg cuando se mide por las técnicas de absorción de nitrógeno. La distribución por tamaños de una Microsílice típica muestra la mayoría de las partículas como menores de un micrómetro (1 µm) con

---

<sup>40</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 26

<sup>41</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 24

<sup>42</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 24

<sup>43</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 25



un diámetro promedio de 0.1  $\mu\text{m}$  el cual es aproximadamente 100 veces menor que las partículas de cemento promedio. La densidad de masa es aproximadamente de 160 a 320  $\text{Kg/m}^3$ ; sin embargo, por razones comerciales puede encontrarse en formas densificada o lechada. Esta debido a su extrema fineza y alto contenido de sílice, son un alto material Puzolánico efectivo. La Microsílice reacciona puzolánicamente con la cal durante la hidratación del cemento para formar materiales cementicios puzolánicos estables de silicato de calcio hidratado (CSH). La disponibilidad de aditivos reductores de agua de alto rango ha facilitado el empleo de la Microsílice como parte del material cementante del concreto para producir concretos de alta resistencia. Normalmente el contenido de Microsílice de un cemento varía del 5% al 15% del contenido del cemento portland.

Rivva López<sup>44</sup>, añade también que el empleo de Microsílice para producir concretos de alta resistencia se ha incrementado significativamente a partir de 1980. Tanto las experiencias de laboratorio como las de obra de los concretos a los cuales se ha incorporado Microsílice tienen un incremento en la tendencia para desarrollar grietas por contracción plástica. Por ello, es necesario cubrir rápidamente la superficie del concreto con Microsílice recién colocado para prevenir una rápida evaporación de agua.

#### **2.5.2.4.2 Mecanismos de acción**

Morataya<sup>45</sup>, adiciona que la Microsílice reacciona con el hidróxido de calcio que se forma como subproducto en el proceso de hidratación del cemento, dando como resultado un incremento en la cantidad de silicato de calcio hidratado, ligante que se sabe proporciona al concreto su resistencia y que es conocido como gel. Este incremento en el contenido de gel disminuye los poros capilares de la pasta, hace la pasta más compacta, facilita la distribución de los elementos mayores y aumenta la densidad del sistema.

Las fuerzas superficiales que actúan entre las partículas de Microsílice, pueden impedir una adecuada dispersión de ésta en el concreto fresco. Los superplastificantes, al reducir el exceso de agua y las fuerzas superficiales, hacen a las

---

<sup>44</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 24

<sup>45</sup> MORATAYA C. Carlos E. Concreto de Alta Resistencia, pág. 27

partículas más móviles, permiten una compactación más densa y mejoran la dispersión del sistema.

La Microsílice reacciona dentro de los primeros 28 días, con el hidróxido de calcio formando durante la hidratación y mejorando la resistencia en compresión del mortero. Además, modifican la distribución por tamaños de los poros por reacción con el hidróxido de calcio formado y producen una estructura de poros más discontinua e impermeable que la pasta hidratada.

## **2.5.2.5 PROPIEDADES DE LOS CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA.**

### **2.5.2.5.1 MODULO DE ELASTICIDAD**

Morataya<sup>46</sup>, en 1934 se informó de los valores por el módulo de elasticidad determinado, como la cuesta de la tangente a la curva esfuerzo-deformación uniaxial de compresión a 25 por ciento de tensión del máximo de 29GPa a 36GPa para hormigones que tienen resistencias a compresión que van de 69MPa a 76Mpa. Muchos otros investigadores han informado valores por el módulo de elasticidad de concreto de alta resistencia solidifica del orden de 31 a 45 GPa, que dependen principalmente del método de determinar el módulo. Una comparación de valores determinados experimentalmente para el módulo de elasticidad son aquellos por la expresión dada de ACI 318, Sección 8.5 para concretos de resistencia baja, y se basó en un peso de la unidad seco de 2346 kg/m<sup>3</sup>.

Se han propuesto muchas correlaciones entre el módulo de elasticidad ( $E_c$ ) y la resistencia en compresión ( $f'_c$ ). Las desviaciones del valor predicho son solamente dependientes de las propiedades y proporciones del agregado grueso.

### **2.5.2.5.2 RELACIÓN DE POISSON**

La información sobre la Relación de Poisson para los concretos de alta resistencia es muy limitada. Shideler y Carrasquillo<sup>47</sup>, han reportado valores de concretos de alta resistencia preparados con agregados livianos, teniendo una resistencia a la compresión uniaxial de 730 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, en los que la relación de Poisson era el 0.20 independientemente de la resistencia en compresión, edad y contenido de

---

<sup>46</sup> MORATAYA C. Carlos E. Concreto de Alta Resistencia, pág. 55

<sup>47</sup> Grupo Concretos Celulares Ltda. Alta Tecnología en Concretos, pág. 06

humedad. Los valores determinados por el método dinámico fueron ligeramente mayores.

Por otra parte, Perenchio y Klieger<sup>48</sup> han reportado valores para la relación de Poisson de concretos de peso normal y alta resistencia con resistencias en compresión variando de 55 a 80 Mpa, entre 0.20 y 0.28. Ellos han indicado que la relación de Poisson tiende a disminuir con incrementos en la relación agua/cemento.

Rivva López<sup>49</sup>, señala que Kaplan ha encontrado valores para la relación de Poisson determinados empleando medidas dinámicas entre 0.23 y 0.32 independientes de la resistencia en compresión, agregado grueso y edad de ensayo, para concretos con resistencias en compresión que variaban de 17 a 79 Mpa.

Basándose en esta información, la relación de Poisson de concretos de alta resistencia en el rango elástico es comparable al rango de valores esperado para los concretos de baja resistencia.

### **2.5.2.5.3 COMPORTAMIENTO ESFUERZO - DEFORMACIÓN EN COMPRESIÓN UNIAXIAL**

Rivva López<sup>50</sup>, señala que los esfuerzos axiales Vs las curvas de deformación para concretos con resistencias en compresión hasta de 83 Mpa han sido estudiados detalladamente por el ACI. El perfil de la parte ascendente de la curva esfuerzo-deformación es más lineal y parado para los concretos de alta resistencia, y la deformación en el esfuerzo máximo es ligeramente más parada para los concretos de alta resistencia. Para obtener la parte descendente de la curva esfuerzo-deformación, es generalmente necesario evitar la interacción de los especímenes de ensayo; ello es más difícil en los concretos de alta resistencia.

---

<sup>48</sup>PORTUGAL BARRIGA, Pablo. Tecnología del Concreto de Alto Desempeño, pág. 293

<sup>49</sup>RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 80

<sup>50</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 80

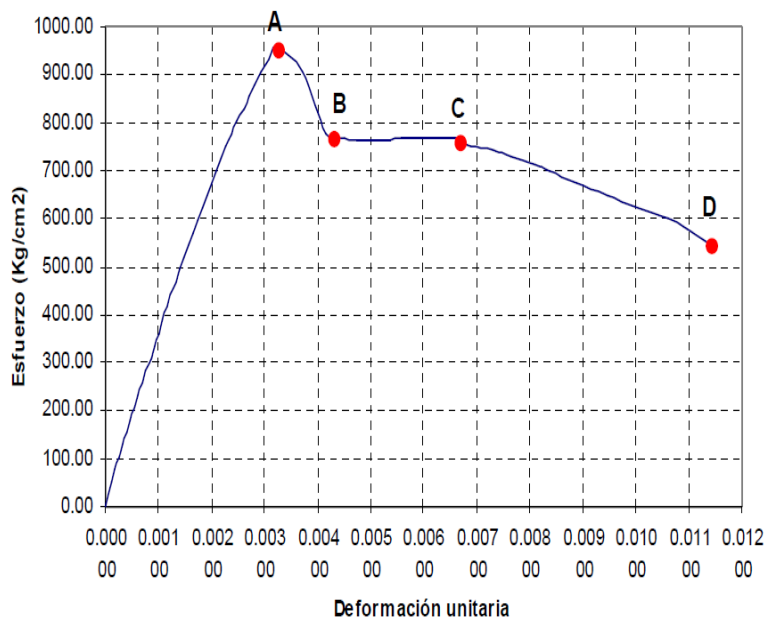


Figura 01: Curva esfuerzo deformación

En el Figura N° 01 se puede observar la curva esfuerzo deformación, en donde podemos identificar 4 zonas bien definidas:

La primera zona corresponde al estado elástico del concreto, se observa una recta con pendiente pronunciada, esta zona finaliza en el punto de máxima resistencia de la muestra de concreto.

La segunda zona corresponde a un descenso de la resistencia a la compresión, se ha entendido que en esta zona el concreto que cubre al reforzamiento falla totalmente no aportando a la resistencia a la compresión en el punto final de esta zona corresponde a la resistencia portada por el núcleo de concreto confinado.

En la tercera zona se puede apreciar un ligero incremento de la resistencia, siendo este muy pequeño, sin embargo la deformación unitaria ya alcanza el doble de la deformación de la primera zona.

En la última zona se observa un descenso de la resistencia pudiendo llegar a ser este mayor hasta llegar a la falla total del testigo.

#### 2.5.2.5.4 MODULO DE ROTURA

Rivva López<sup>51</sup>, manifiesta que los valores reportados por diversos investigadores para el módulo de rotura tanto de concreto de bajo peso como los de peso normal están en

<sup>51</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 80

el rango de raíz cuadrada de 7.3f'c a raíz cuadrada de 12f'c, cuando tanto el módulo de rotura como la resistencia en compresión están expresados por psi (libra/pulg<sup>2</sup>).

#### **2.5.2.5.5 RESISTENCIA A LA TENSION POR DESLIZAMIENTO**

Dewar<sup>52</sup>, ha estudiado la interrelación entre la resistencia a la tensión indirecta y la resistencia a la compresión por encima de 84 Mpa a los 28 días.

Él concluye que en las bajas resistencias, la resistencia a la tensión indirecta puede ser tan alta como un 10% de la resistencia en compresión pero que en las altas resistencias ella puede reducirse al 5%. Él ha observado que la resistencia a la tensión por deslizamiento era del orden del 8% más alta si se empleaba en el concreto agregado grueso consistente en roca partida en relación a los concretos preparados a base de grava como agregado grueso.

Adicionalmente, Dewar<sup>53</sup>, ha encontrado que la resistencia por tensión indirecta era un 70% de la resistencia a la flexión a los 28 días. Carrasquillo, Nilson y Slate han reportado que la resistencia al deslizamiento no varía mucho del rango de los valores usuales, aun cuando la resistencia en compresión se incrementa. Los valores de resistencia al deslizamiento caen dentro del límite superior del rango esperado.

#### **2.5.2.5.6 RESISTENCIA A LA FATIGA**

Rivva López<sup>54</sup> señala que el comportamiento a la fatiga de concretos de alta resistencia es muy limitado. Bennet y Muir<sup>55</sup> han estudiado la resistencia a la fatiga en compresión axial en concretos de alta resistencia y encontraron que después de un millón de ciclos, la resistencia de especímenes de concreto sujetos a cargas repetidas varía entre 66% y 71% de la resistencia estática para un nivel de esfuerzos mínimo de 8.6 Mpa. Los valores menores fueron encontrados para los concretos de más alta resistencia y para concretos preparados con los tamaños menores de agregado grueso, pero la actual magnitud de las diferencias fue pequeña.

En la medida de lo que en la actualidad se conoce, la resistencia a la fatiga de los concretos de alta resistencia es la misma que para los concretos de bajas resistencias.

---

<sup>52</sup>DEWAR, J. D. The Indirect Tensile Strength of Concretes of High Compressive Strength,

<sup>53</sup> DEWAR, J. D. The Indirect Tensile Strength of Concretes of High Compressive Strength,

<sup>54</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 81

<sup>55</sup>RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 81

#### **2.5.2.5.7 PESO UNITARIO**

Rivva López<sup>56</sup>, añade que los valores medidos del peso unitario de los concretos de alta resistencia son ligeramente mayores que los concretos de resistencias menores preparados con los mismos materiales.

#### **2.5.2.5.8 EVOLUCIÓN DEL CALOR DEBIDO A LA HIDRATACION**

Rivva López<sup>57</sup>, concluye que la temperatura se eleva en el concreto debido a la hidratación, dependiendo del contenido de cemento, la relación agua/cemento, tamaño del cemento, temperatura ambiente, entorno del elemento. Fredman<sup>58</sup>, ha concluido que la evaluación de calor de los concretos de alta resistencia deberá ser de aproximadamente 6° a 8° por cada 60 Kg/m<sup>3</sup> de cemento. Valores de elevación de temperatura 56°C en concretos de alta resistencia que contenían 502 Kg/m<sup>3</sup> de cemento han sido medidos en edificios construidos en Chicago.

#### **2.5.2.5.9 GANANCIA DE LA RESISTENCIA CON LA EDAD**

Rivva López<sup>59</sup>, considera que los concretos de alta resistencia muestran una ganancia de resistencia en edades tempranas si se compara con concretos de resistencias menores, pero en el largo plazo la diferencia no es significativa. Parrot<sup>60</sup>, ha reportado relaciones típicas de 7 a 28 días de 0.8 a 0.9 para concretos de alta resistencia y de 0.7 a 0.72 para concretos de resistencias menores.

Carrasquilla<sup>61</sup>, ha encontrado relaciones típicas de 7 a 95 días de 0.60 para bajas resistencias, 0.65 para resistencias medias, y 0.73 para concretos de alta resistencia.

### **2.5.2.6 AGREGADOS.**

#### **2.5.2.6.1 AGREGADO FINO**

Rivva López<sup>62</sup>, indica que el agregado fino, al igual que el grueso, debe cumplir con las especificaciones de la Norma ASTM C33 o la Norma NTP 400.037. Su módulo de fineza debe estar entre 2.8 y 3.1. Son recomendables los perfiles redondeados y las

---

<sup>56</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 81

<sup>57</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 81

<sup>58</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 81

<sup>59</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 81

<sup>60</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 81

<sup>61</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 81

<sup>62</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 19

texturas suavizadas por requerir menor cantidad de agua de mezclado, siendo por ello preferibles en concretos de alta resistencia.

La óptima gradación del agregado fino para concretos de alta resistencia es determinada más por sus efectos sobre los requerimientos de agua que por sobre sus propiedades de acomodo. Los estudios en USA indican que las arenas con un módulo de fineza por debajo de 2.5 dan al concreto una consistencia pastosa, haciendo difícil su compactación. Se ha encontrado que el agregado fino con un módulo de fineza del orden de 3.0 da las mejores trabajabilidades y resistencias en compresión.

Los concretos de alta resistencia típicos tienen un alto contenido de materiales cementantes finos que la granulometría de los agregados empleados es de importancia relativa si se compara con los concretos convencionales. Sin embargo, puede no ser conveniente incrementar el módulo de fineza; en este sentido la National Crushed Stone ha reportado importantes recomendaciones a fin de reducir los requerimientos de agua; indican que la cantidad que pasa la mallas N° 50 y la N° 100 deberá ser baja, dentro de los valores que indica la Norma ASTM C33, debiendo evitarse la mica y la arcilla, las mezclas con granulometría discontinua presentan resistencias menores que las mezclas estándar.

El agregado fino no debe contener sales, mica o arcilla. La granulometría debe ser continua. Es conveniente limitar los finos a un máximo del 8%.

#### **2.5.2.6.2 AGREGADO GRUESO**

##### **2.5.2.6.2.1 ASPECTOS GENERALES.**

Rivva López<sup>63</sup>, manifiesta que todos los estudios efectuados han indicado que para una óptima resistencia en compresión con alto contenido de cemento y baja relación agua-cemento, el tamaño máximo del agregado grueso deberá ser mantenido en un mínimo, entre ½" y ¾". Tamaños máximos de ¾" y 1" han sido también empleados con éxito. Cordon y Gillespe han encontrado que el incremento de la resistencia es causado por la reducción del esfuerzo de adherencia promedio debido al incremento en el área superficial de los agregados individuales. El investigador Alexander ha encontrado que la adherencia de las partículas de 3" era solamente 1/10 de la de ½". Igualmente llego a

---

<sup>63</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 19

la conclusión que excepto para agregado muy bueno o muy malo la resistencia por adherencia fue del orden del 50% al 60% de la resistencia de la pasta a los 7 días.

Asimismo Rivva López<sup>64</sup>, manifiesta que los agregados de tamaño menor son también considerados como adecuados para producir concretos de alta resistencia debido a su menor concentración de esfuerzos alrededor de las partículas, debido a la diferencia entre el módulo de elasticidad de la pasta y el agregado. El agregado grueso debe provenir de rocas ígneas plutónicas de grano fino con dureza no menor de 7 y una resistencia en compresión no menor del doble de la que se desea alcanzar con el concreto.

De igual manera Rivva López<sup>65</sup>, argumenta que muchos estudios han demostrado que la piedra partida produce más altas resistencias que la grava redondeada. La principal razón para ello es la mayor adherencia mecánica que se puede desarrollar con piedras angulares. Sin embargo, una acentuada angularidad deberá ser evitada dado que requiere mayores contenidos de agua y reduce la trabajabilidad. El agregado grueso ideal debe ser limpio, cubico y angular, 100% partido como mínimo de partículas chatas y elongadas, y con una dureza no menor de 7.

Rivva<sup>66</sup>, menciona que su perfil angular, su textura rugosa, su capacidad de absorción menor del 1% y su peso específico del orden de 2.65, hacen recomendable la caliza triturada debidamente graduada de acuerdo a la Norma.

El tamaño máximo del agregado deberá estar en el orden de 1/2" y 3/8" con un mínimo de esfuerzos originado por diferencias ente los módulos de elasticidad de la pasta y el agregado.

Los estudios efectuados indican que la piedra partida produce resistencias más altas que grava redondeada. La principal razón para ello es la mayor adherencia mecánica que puede desarrollarse con partículas angulares. Sin embargo, deberá evitarse una acentuada angularidad debido a que ella tiene mayor demanda de agua con la consiguiente reducción en la trabajabilidad. Se considera que para concretos de alta

---

<sup>64</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 20

<sup>65</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 20

<sup>66</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 20



resistencia el agregado ideal debe ser limpio, cubico, angular, 100% piedra partida, sin partículas chatas y elongadas.

Debido, como ya se ha indicado, a que la resistencia por adherencia es el factor limitante en el desarrollo de los concretos de alta resistencia, la composición mineral de estos deberá ser tal como para proporcionar adherencia química. Es presumible que muchos minerales silicios deban proporcionar una buena adherencia potencial con el Cemento Portland.

#### **2.5.2.6.2.2 ABSORCION.**

Rivva López<sup>67</sup>, indica que el curado es fundamental en la producción de concretos de alta resistencia. Para producir una pasta de cemento con un contenido alto y fuerte, el concreto deberá contener el mínimo de agua de mezclado. Sin embargo, después que el concreto ha sido colocado y la estructura de la pasta se solidifica, se podrá disponer de agua libremente, especialmente en la etapa inicial de hidratación. Durante este periodo una parte importante del agua se combina con el cemento. Esta agua pierde aproximadamente  $\frac{1}{4}$  de su volumen después de las reacciones químicas se han completado. Se crea un pequeño vacío capaz de atraer el agua a distancias cortas dentro del concreto, el cual en esta etapa es todavía permeable.

Cualquier agua extra que en esta etapa pueda ingresar a la estructura ha de contribuir a la hidratación y, por lo tanto, aumentar su resistencia. Si el agregado es capaz de absorber una moderada cantidad de agua, ella puede actuar como un reservorio de agua de curado distribuido en el concreto, proporcionando agua de curado adicional con el beneficio consiguiente de las pastas de baja relación agua cemento.

#### **2.5.2.6.2.3 RESISTENCIA INTRÍNSECA DEL AGREGADO**

Rivva López<sup>68</sup>, afirma que los concretos de alta resistencia deberán requerir agregados de alta resistencia y, en alguna extensión, ello es obvio. Sin embargo, severas investigaciones han demostrado que, para algunos agregados, un punto es alcanzado más allá del cual los incrementos en el contenido del cemento no producen el correspondiente incremento en la resistencia a la compresión del concreto.

---

<sup>67</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 20

<sup>68</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 21

Aparentemente ello no es debido a un desarrollo total de la resistencia a la compresión del concreto sino que se ha alcanzado el límite de adherencia de la combinación cemento-agregado. No puede dejar de reiterarse que la dureza del agregado sea 7 o mayor.

## **2.5.2.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA**

### **2.5.2.7.1 VENTAJAS**

Rivva<sup>69</sup>, precisa que las ventajas son las siguientes:

- Ideal para reducir las dimensiones de elementos verticales y horizontales, lo que se traduce es más área de servicio y un menor peso de los edificios estructuras.
- Alta resistencia a la edad temprana y final.
- Mayor durabilidad, especialmente en estructuras expuestas a la acción del mar.
- Gran resistencia a la tracción, apropiada a la construcción de vigas pretensadas.
- Elementos más esbeltos, permitiendo mayor área de servicio.
- Gran resistencia a compresión por unidad de peso, volumen o costo; importante para la construcción de pilares y columnas en edificios de altura.
- Mejora en la protección a la corrosión del acero de refuerzo.
- Mayor aptitud para su transporte por bombas para las mismas distancias que los concretos tradicionales
- Al obtener mayor resistencia a la compresión del concreto se obtiene un mayor módulo de elasticidad pues ambos están relacionados.
- Muy alta fluidez que hace posible su colocación aún en zonas congestionadas de acero de refuerzo.
- Usado en losas permite remoción temprana del encofrado y eliminación del reapuntalamiento.
- Requiere menos mano de obra de infraestructura en puentes de grandes luces.
- La estructura tiene un menor costo en comparación con otras elaboradas con acero.

---

<sup>69</sup>RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 28 y 89

### 2.5.2.7.2 DESVENTAJAS

Así mismo Rivva<sup>70</sup>, menciona las desventajas siguientes:

- Necesidad de materiales y componentes de alta calidad
- Control de calidad muy exigente.
- Riguroso cuidado en el curado porque posee relaciones agua/cemento bajas.
- Rotura frágil.
- Personal profesional y operarios de altas calificaciones
- Supervisión permanente.

### 2.5.2.8 MÉTODOS

Efraín Esteban<sup>71</sup>, manifiesta que etimológicamente la palabra método proviene del griego *methodos* que significa camino hacia algo. En ese sentido, el método consiste en el camino que permite lograr un objetivo, alcanzar una meta.

#### 2.5.2.8.1 PRINCIPALES MÉTODOS

Efraín Esteban<sup>72</sup>, considera los siguientes métodos de investigación:

##### **A. Método Deductivo.**

Esteban<sup>73</sup>, considera que el método deductivo consiste en el estudio, en la investigación de la realidad, partiendo de lo general avanza hacia lo particular; es decir, que a partir de los conocimientos generales, de los principios generales estudia los hechos o fenómenos particulares.

##### **B. Método Inductivo.**

Para Esteban<sup>74</sup>, el método inductivo consiste en el estudio de la realidad de lo particular a lo general, es decir que a partir de la investigación de hechos o fenómenos particulares avanza hacia las generalizaciones.

##### **C. Método Experimental.**

---

<sup>70</sup>RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 29 y 90

<sup>71</sup> ESTEBAN CHURAMPI, Efraín, Metodología de la Investigación Económica y Social. pág. 78

<sup>72</sup> ESTEBAN CHURAMPI, Efraín, Metodología de la Investigación Económica y Social. pág. 79

<sup>73</sup> ESTEBAN CHURAMPI, Efraín, Metodología de la Investigación Económica y Social. pág. 79

<sup>74</sup> ESTEBAN CHURAMPI, Efraín, Metodología de la Investigación Económica y Social. pág. 80

El método experimental según Esteban<sup>75</sup>, se basa en la utilización de los experimentos para la obtención de conocimientos, utilizando grupos experimentales. El método experimental consiste en organizar deliberadamente condiciones de acuerdo con un plan previo con el fin de investigar las posibles relaciones causa – efecto exponiendo a uno o más grupos.

#### **D. Método de la Abstracción Científica.**

Según Esteban<sup>76</sup>, la palabra abstracción proviene del latín *abstractio*, que significa aislamiento, separación. La abstracción consiste en la separación mental de los elementos de un objeto o fenómeno estudiado, con la finalidad de determinar aquellos que son fundamentales y precisar las relaciones que se dan entre ellos.

#### **E. Método Histórico.**

El método histórico para Esteban<sup>77</sup>, consiste en el estudio de la realidad a partir del análisis de la sucesión de hechos o fenómenos que se dan en determinados periodos históricos o etapas de desarrollo. El método histórico toma muy en cuenta el análisis de los antecedentes, las causas y consecuencias de esos hechos o fenómenos. Su utilización se da principalmente en el campo de las ciencias sociales.

#### **F. Método Dialéctico.**

Para Esteban<sup>78</sup>, es el método más completo, más general, puesto que no solo asimila todo lo planteado por los métodos anteriores, sino que también aporta el suyo, para hacerlo más consistente, más científico. El método dialéctico busca el conocimiento de los hechos o fenómenos hasta descubrir su esencia, sus aspectos fundamentales.

#### **G. Método Observacional.**

José Salinas<sup>79</sup>, postula que es aquella que se basa en la observación de los fenómenos, características, situaciones, variaciones, etc.; del asunto que se quiere investigar. Solo se observa sin manipular ni cambiar nada, las observaciones hechas se pueden registrar para posterior análisis.

---

<sup>75</sup> ESTEBAN CHURAMPI, Efraín, Metodología de la Investigación Económica y Social. pág. 80

<sup>76</sup> ESTEBAN CHURAMPI, Efraín, Metodología de la Investigación Económica y Social. pág. 85

<sup>77</sup> ESTEBAN CHURAMPI, Efraín, Metodología de la Investigación Económica y Social. pág. 86

<sup>78</sup> ESTEBAN CHURAMPI, Efraín, Metodología de la Investigación Económica y Social. pág. 88

<sup>79</sup> JOSE SALINAS, Pedro, Metodología de la Investigación. pág. 18

## H. Método Explicativo.

José Salinas<sup>80</sup>, manifiesta que es aquella que trata de analizar y/o explicar las causas de los efectos estudiados, es decir, no solo describe la situación, fenómeno, característica, relación entre causa efecto, etc., tal como lo hace la investigación descriptiva, sino que analiza y/o explica el porqué de los asuntos investigados.

## I. Método Descriptivo.

Para José Salinas<sup>81</sup>, es aquella que se refiere a la descripción de algún objeto, sujeto, fenómeno, etc., en total o parte del mismo, se especifica las características más importantes de persona o grupos, fenómenos que sean sometidos a análisis.

### 2.5.2.9 TECNICA ESTADISTICA DE VALIDACION DE RESULTADOS

#### 2.5.2.9.1 CONTRASTE DE HIPÓTESIS

García Torres<sup>82</sup>, manifiesta que la verificación de hipótesis corresponde a la parte práctica del trabajo de investigación. En ciencias naturales se conoce como resultados y análisis de resultados.

Esteban Churampi<sup>83</sup>, señala que la hipótesis y la verificación de hipótesis deciden la calidad de un trabajo de investigación.

#### 2.5.2.9.2 ¿QUÉ ES UNA HIPÓTESIS?

Esteban Churampi<sup>84</sup>, considera que la hipótesis es una proposición, con cierto nivel de rigor científico, verificable en el proceso de investigación. La hipótesis se expresa a través de variables, tratando de explicar el problema de investigación; por eso es la relación entre variables, la construcción de variables. La hipótesis son proposiciones tentativas acerca de las relaciones entre dos o más variables.

García Torres<sup>85</sup>, señala que, una hipótesis es una afirmación (matemáticamente, una **expresión lógica**) sobre parámetros o sobre la distribución de una población. El método de contraste de hipótesis tiene como objetivo rechazar o aceptar hipótesis, de

---

<sup>80</sup> JOSE SALINAS, Pedro, Metodología de la Investigación. pág. 19

<sup>81</sup> JOSE SALINAS, Pedro, Metodología de la Investigación. pág. 18

<sup>82</sup> GARCIA TORRES, Mario, Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=480$  kg/cm<sup>2</sup>, usando agregados del Rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto. Tesis, pág. 30.

<sup>83</sup> ESTEBAN CHURAMPI, Efraín, Metodología de la Investigación Económica y Social. pág. 231

<sup>84</sup> ESTEBAN CHURAMPI, Efraín, Metodología de la Investigación Económica y Social. Pág. 149

<sup>85</sup> GARCIA TORRES, Mario, Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=480$  kg/cm<sup>2</sup>, usando agregados del Rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto. Tesis, pág. 31.

acuerdo a técnicas estadísticas aplicadas sobre las muestras o las propiedades de la población disponibles.

Si la hipótesis es una afirmación sobre el valor de un parámetro estadístico de la variable aleatoria en estudio, tenemos un **test paramétrico**. En caso contrario se habla de **test no paramétrico**.

### 2.5.2.9.3 LA LÓGICA DEL CONTRASTE DE HIPÓTESIS

García Torres<sup>86</sup>, añade que lo esencial del contraste de hipótesis es la comparación de la hipótesis estudiada con la evidencia obtenida de la muestra (o muestras). Se utilizan técnicas estadísticas para hacer esta comparación, llegando a dos situaciones:

- Si los datos de la muestra no contradicen la hipótesis, se sigue sosteniendo la hipótesis.
- Si los datos de la muestra contradicen la hipótesis, se rechaza ésta, y se sostiene la validez de la hipótesis contraria (o alternativa).

Desde el punto de vista del conocimiento (*epistemológico*), cuando los datos de la muestra no contradicen la hipótesis **no podemos afirmar con total garantía que la hipótesis es cierta**. Por ejemplo, podría suceder que tomásemos otra muestra y ésta segunda sí que entre en contradicción con la hipótesis. Por lo tanto, la hipótesis es siempre provisional.

Pero la cosa cambia si se mira de la otra forma. Si encontramos que la muestra contradice la hipótesis, podemos considerarla falsa (y por tanto es cierta la alternativa). No obstante, en ambos casos la "contradicción" que los datos pueden dar lugar respecto a la hipótesis es una cuestión de probabilidad. Por ello, la certeza en el contraste de hipótesis es siempre probabilista, y se basa en el concepto de nivel de significación.

### 2.5.2.9.4 MÉTODO GENERAL

García Torres<sup>87</sup>, señala que el **contraste de hipótesis** es una técnica o procedimiento que nos permite determinar si las muestras observadas difieren

---

<sup>86</sup> GARCIA TORRES, Mario, Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=480$  kg/cm<sup>2</sup>, usando agregados del Rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto. Tesis, pág. 31.

<sup>87</sup> GARCIA TORRES, Mario, Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=480$  kg/cm<sup>2</sup>, usando agregados del Rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto. Tesis, pág. 32.

significativamente de la hipótesis planteada. Dependiendo de la magnitud de esa diferencia, se rechazará la hipótesis planteada o se considerará cierta.

Desde el punto de vista de la lógica científica, si damos por cierta la hipótesis tras el contraste, esta siempre es una certeza provisional, ya que siempre cabe la posibilidad de que al observar otra muestra en el futuro, la diferencia sea tan grande como para rechazar la hipótesis que provisionalmente se había dado por válida.

### **Paso 1: Planteamiento de la hipótesis nula (y en consecuencia, de la alternativa)**

El contraste de hipótesis comienza por el planteamiento de la hipótesis nula, denominada  $H_0$

Una vez definida la hipótesis nula, se define la **hipótesis alternativa**, denominada  $H_1$ .

Las dos hipótesis son complementarias (contrarias) y entre las dos deben cubrir todas las posibilidades. En otras palabras, si una de ellas es cierta, forzosamente la otra tiene que ser falsa

**Nota:** En la hipótesis nula  $H_0$  cuando se comprueban valores, siempre tiene que figurar la igualdad en la comparación, debido al tipo de técnica matemática utilizada, ya que es la afirmación concreta que se somete a contraste

### **Paso 2: Prueba, contraste o test sobre la hipótesis nula**

Consiste en partir de la suposición de que la hipótesis nula es cierta, tomar y analizar las muestras y comparar si el resultado empírico de los datos es compatible o coherente o no con la hipótesis nula de partida.

Para ello se recurre a un **estadístico de contraste**. Un estadístico es siempre función de una muestra. Por ejemplo, si nuestra hipótesis es una afirmación sobre la media poblacional tal como  $H_0 = \mu \leq 45$ , entonces el estadístico de contraste que parece lógico utilizar es la media muestral  $\bar{x}$ . El estadístico de contraste debe poseer dos características:

- Proporciona información empírica relevante a la hipótesis nula.
- Posee una distribución muestral conocida.

Todo estadístico - como la media muestral - es en sí una variable aleatoria que sigue una determinada *distribución muestral*. Sobre esa distribución muestral se hará realmente el contraste.

#### 2.5.2.9.5 CONTRASTE SOBRE LA DISTRIBUCIÓN MUESTRAL

García Torres<sup>88</sup>, señala que para proceder al contraste se divide la distribución muestral en dos regiones:

- Región de rechazo (crítica). Zona de valores del estadístico de contraste que están *tan alejados* de  $H_0$  que es muy poco probable que ocurren si ésta es verdadera.
- Región de aceptación. Resto de los valores, que se consideran próximos en cierto grado a  $H_0$ .

Para definir la región crítica, se utiliza un **nivel de significación  $\alpha$**  (que típicamente toma valores 0.10, 0.05 ó 0.01). Si la compatibilidad de la muestra con  $H_0$  es menor que  $\alpha$ , llegamos a una **contradicción**, y la conclusión es que la hipótesis de partida es falsa.

#### 2.5.2.9.6 TIPOS DE ERRORES EN EL CONTRASTE DE HIPÓTESIS

García Torres<sup>89</sup>, agrega que todo contraste de hipótesis termina con una decisión de aceptar o rechazar  $H_0$ . Al tomar esa decisión, siempre se corre el riesgo de caer en el error, aunque la probabilidad de hacerlo sea pequeña. Es importante entender dos tipos de errores que pueden darse:

1. Si se rechazó  $H_0$  y ésta es realmente cierta, se hizo por contraste utilizando un nivel de significación  $\alpha$ , es decir, la probabilidad de este error es  $\alpha$ .
2. Este es un valor conocido en el propio test de hipótesis, y se denomina **error de tipo I**.
3. Si se aceptó  $H_0$  y ésta es realmente falsa, se hizo con una probabilidad que no conocemos por el propio contraste y que llamaremos  $\beta$ .

---

<sup>88</sup> GARCIA TORRES, Mario, Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=480$  kg/cm<sup>2</sup>, usando agregados del Rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto. Tesis, pág. 34.

<sup>89</sup> GARCIA TORRES, Mario, Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=480$  kg/cm<sup>2</sup>, usando agregados del Rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto. Tesis, pág. 35.



El error de tipo II depende de varios factores:

La verdadera  $H_1$

El valor de  $\alpha$ . El tamaño de la desviación típica de la distribución muestral (del estadístico de contraste).

Tabla N° 01: Tipos de errores en el contraste

	H0 es cierta	H1 es cierta
Aceptada H0	No hay error	<b>Error de tipo II</b>
Aceptada H1	<b>Error de tipo I</b>	No hay error

Fuente: Tesis Mario García Torres

### 2.5.2.9.7 Distribución t de Student.

En Wikipedia<sup>90</sup>, se puede encontrar que en probabilidad y estadística, la distribución t (de Student) es una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño.

Aparece de manera natural al realizar la prueba t de Student para la determinación de las diferencias entre dos medias muestrales y para la construcción del intervalo de confianza para la diferencia entre las medias de dos poblaciones cuando se desconoce la desviación típica de una población y ésta debe ser estimada a partir de los datos de una muestra.

Para realizar el análisis de t de Student entre dos muestras se aplican las siguientes formulas:

$$t_{H_0} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S_a^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \dots\dots\dots (1)$$

$$S_a^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \dots\dots\dots (2)$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (3)$$

<sup>90</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n\\_t\\_de\\_Student](http://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_t_de_Student)tesis. Actualizado el 04 de junio del 2014, visitado el 20 de julio del 2014.

Donde:

$\bar{X}_1$  y  $\bar{X}_2$  son las medias muestrales correspondientes a los dos grupos.

$n_1$  y  $n_2$  son los tamaños de las muestras correspondiente a los dos grupos.

$S_a^2$  es un promedio ponderado de las varianzas muestrales.

$\sigma_{\bar{x}}$  es el error típico de la diferencia de medias.

### 2.5.2.9.8 DESVIACION ESTANDAR

En Wikipedia<sup>91</sup>, se puede encontrar que la desviación típica o desviación estándar (denotada con el símbolo  $\sigma$  o  $s$ , dependiendo de la procedencia del conjunto de datos) es una medida de dispersión para variables de razón (variables cuantitativas o cantidades racionales) y de intervalo. Se define como la raíz cuadrada de la varianza de la variable.

Para conocer con detalle un conjunto de datos, no basta con conocer las medidas de tendencia central, sino que necesitamos conocer también la desviación que presentan los datos en su distribución respecto de la media aritmética de dicha distribución, con objeto de tener una visión de los mismos más acorde con la realidad al momento de describirlos e interpretarlos para la toma de decisiones.

Calderón<sup>92</sup>, señala que se caracteriza por ser el estadígrafo de mayor uso en la actualidad. Se obtiene mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

S: desviación estándar

n: número de ensayo de la serie

x<sub>i</sub>: resultados de resistencias de muestras de ensayos individuales

---

<sup>91</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Desviaci%C3%B3n\\_t%C3%ADpica](http://es.wikipedia.org/wiki/Desviaci%C3%B3n_t%C3%ADpica) Actualizado el 04 de junio del 2014, visitado el 20 de julio del 2014.

<sup>92</sup> CALDERÓN MONTROYA, Carlos Enrique. Texto: Estadística para Estudiantes de Administración de Empresas de la Universidad Nacional del Callao, pág. 230.

$\bar{X}$ : Promedio de todos los ensayos individuales de una serie.

### 2.5.2.9.9 COEFICIENTE DE VARIACION

En Wikipedia<sup>93</sup>, manifiesta que el coeficiente de variación (de Pearson), es una medida de dispersión útil para comparar dispersiones a escalas distintas pues es una medida invariante ante cambios de escala. Sirve para comparar variables que están a distintas escalas pero que están correlacionadas estadísticamente y sustantivamente con un factor en común.

Es decir, ambas variables tienen una relación causal con ese factor.

Su fórmula expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética, mostrando una mejor interpretación porcentual del grado de variabilidad que la desviación típica o estándar.

$$V = \frac{S}{\bar{X}} * 100\% \dots\dots\dots (5)$$

V: Coeficiente de variación

S: desviación estándar

$\bar{X}$ : media aritmética

### 2.5.2.9.10 ANALISIS DE VARIANZA

Abraira y Pérez<sup>94</sup>, consideran que el análisis de la varianza (o Anova: Analysis of variance) es un método para comparar dos o más medias, que es necesario porque cuando se quiere comparar más de dos medias es incorrecto utilizar repetidamente el contraste basado en la t de Student por dos motivos:

En primer lugar, y como se realizarían simultánea e independientemente varios contrastes de hipótesis, la probabilidad de encontrar alguno significativo por azar aumentaría. En cada contraste se rechaza la  $H_0$  si la  $t$  supera el nivel crítico, para lo que, en la hipótesis nula, hay una probabilidad  $\alpha$ . Si se realizan  $m$  contrastes independientes, la probabilidad de que, en la hipótesis nula, ningún estadístico supere

<sup>93</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente\\_de\\_variacion](http://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_variacion). Actualizado el 04 de junio del 2014, visitado el 20 de julio del 2014.

<sup>94</sup> ABRAIRA SANTOS V. y PÉREZ DE VARGAS, Luque A. Métodos Multivariantes en Bioestadística, pág. 32

el valor crítico es  $(1 - \alpha)^m$ , por lo tanto, la probabilidad de que alguno lo supere es  $1 - (1 - \alpha)^m$ , que para valores de  $\alpha$  próximos a 0 es aproximadamente igual a  $m\alpha$ .

Una primera solución, denominada *método de Bonferroni*, consiste en bajar el valor de  $\alpha$ , usando en su lugar  $\alpha/m$ , aunque resulta un método muy conservador.

Por otro lado, en cada comparación la hipótesis nula es que las dos muestras provienen de la misma población, por lo tanto, cuando se hayan realizado todas las comparaciones, la hipótesis nula es que todas las muestras provienen de la misma población y, sin embargo, para cada comparación, la estimación de la varianza necesaria para el contraste es distinta, pues se ha hecho en base a muestras distintas.

El método que resuelve ambos problemas es el anova, aunque es algo más que esto: es un método que permite comparar varias medias en diversas situaciones; muy ligado, por tanto, al diseño de experimentos y, de alguna manera, es la base del análisis multivariante.

#### 2.5.2.9.11 GRADO DE LIBERTAD

García Torres<sup>95</sup>, manifiesta que en estadística, **grados de libertad** es un estimador del número de categorías independientes en una prueba particular o experimento estadístico. Se encuentran mediante la fórmula  $n - r$ , donde  $n$ =número de sujetos en la muestra (también pueden ser representados por  $k - r$ , donde  $k$ =número de grupos, cuando se realizan operaciones con grupos y no con sujetos individuales) y  $r$  es el número de sujetos o grupos estadísticamente dependientes.

Cuando se trata de eliminar los estadísticos con un conjunto de datos, los residuos - expresados en forma de vector- se encuentran habitualmente en un espacio de menor dimensión que aquél en el que se encontraban los datos originales. Los grados de libertad del error los determina, precisamente, el valor de esta menor dimensión.

Un ejemplo aclara el concepto. Supongamos que

$X_1, \dots, X_n$  son variables aleatorias, cada una de ellas con media  $\mu$ , y que

---

<sup>95</sup> GARCIA TORRES, Mario, Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=480$  kg/cm<sup>2</sup>, usando agregados del Rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto. Tesis, pág. 38.

$$\bar{X}_n = \frac{X_1 + \dots + X_n}{n} \dots\dots\dots(6)$$

es la "media muestral". Entonces las cantidades

$$X_i - \bar{X}_n$$

son los residuos, que pueden ser considerados estimaciones de los errores  $X_i - \mu$ . La suma de los residuos (a diferencia de la suma de los errores, que no es conocida) es necesariamente 0,

$$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_n) = \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n \bar{X}_n = 0 \dots\dots\dots (7)$$

ya que existen variables con valores superiores e inferiores a la media muestral. Esto también significa que los residuos están restringidos a encontrarse en un espacio de dimensión  $n - 1$  (en este ejemplo, en el caso general a  $n - r$ ) ya que, si se conoce el valor de  $n - 1$  de estos residuos, la determinación del valor del residuo restante es inmediata. Así, se dice que "el error tiene  $n - 1$  grados de libertad" (el error tiene  $n - r$  grados de libertad para el caso general); de donde:

$$gl = n - 1 \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

gl= Grados de Libertad.

n = Tamaño de la muestra.

### 2.5.2.9.12 SUMA DE CUADRADOS

García Torres<sup>96</sup>, señala que la suma de cuadrados en el ANOVA de un factor o vía de efectos fijos. La variabilidad observada en los datos es debida a la naturaleza propia de las variables o medidas que analizamos, pero también es imputable a los niveles o tratamientos en el caso que afecten de manera desigual a la variable respuesta. El análisis de la varianza permite considerar herramientas (estadísticos) que separan la

---

<sup>96</sup> GARCIA TORRES, Mario, Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=480$  kg/cm<sup>2</sup>, usando agregados del Rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto. Tesis, pág. 40.

variabilidad debida al azar de la variabilidad imputable a los tratamientos o niveles. Estos estadísticos se definen a partir de las variables que configuran las  $N=n_1+n_2+\dots+n_k$  observaciones

Por simplificar la notación supondremos que estamos ante un diseño balanceado o equilibrado, es decir  $n_1=n_2=\dots=n_k=n$ ; que es el recomendable, por otra parte, en tanto que es menos sensible a pequeñas desviaciones de la normalidad y de la homocedasticidad (los supuestos básicos del ANOVA). Una medida de la variabilidad total de los datos es la suma de cuadrados total, designada por SST:

$$SST = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2$$

donde  $\bar{Y}_{..}$  es decir la media muestral de todas las observaciones.

$$\bar{Y}_{..} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n Y_{ij} ,$$

La suma de cuadrados total, en tanto que medida de variabilidad total, se descompone de la forma siguiente:

$$SST = SSA + SSE , \text{ donde}$$

$$SSA = n \sum_{i=1}^k (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 , \text{ suma de cuadrados de tratamientos,}$$

$$SSE = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.})^2 , \text{ suma de cuadrados del error, y}$$

$$\bar{Y}_{i.} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{ij} , \text{ media muestral de las datos del } i\text{-ésimo nivel.}$$

SSA es una medida de la variabilidad entre las medias muestrales de las observaciones de cada tratamiento.

SSE es una medida de la variabilidad de las observaciones respecto a la media muestral a la que pertenecen.

### 2.5.2.9.13 CUADRADOS MEDIOS

$$CMD = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + \dots + (n_a - 1)S_a^2}{(n_1 - 1) + \dots + (n_a - 1)}$$

Di Rienzo<sup>97</sup>, considera: si  $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}$  es muestra obtenida bajo el tratamiento i-ésimo y se tienen muestras para a tratamientos, entonces, si  $\sigma^2$  representa la varianza de la distribución bajo cualquier tratamiento, se llamará Cuadrado Medio Dentro (CMD) al promedio ponderado de las a varianzas estimadas en cada tratamiento.

..... (9)

Se puede probar que el Cuadrado Medio Dentro es un estimador insesgado de  $\sigma^2$ , es decir  $E(\text{CMD}) = \sigma^2$

El nombre Cuadrado Medio Dentro proviene del hecho que es un promedio de magnitudes cuadráticas. Este ofrece una medida de la variabilidad promedio que hay dentro de cada tratamiento y mide la variabilidad de unidades experimentales tratadas de la misma forma (error experimental), por ello también se suele llamar cuadrado medio del error.

### **2.5.3 MARCO CONCEPTUAL: TERMINOLOGIA BASICA**

#### **2.5.3.1 Concreto de Buena Calidad**

El A.C.I. 214.14<sup>98</sup>, define a un concreto de Buena Calidad como aquel que alcanza una resistencia igual o mayor a las especificadas a los criterios establecidos de la norma , usualmente estos concretos son considerados como de alto desempeño, sin embargo para cumplir esta condición deben pasar además otras características como son una adecuada trabajabilidad y durabilidad.

#### **2.5.3.2. Cemento**

Rivva López<sup>99</sup>, señala que el cemento es un material pulverizado que, cuando es combinado con el agua, forma una pasta capaz de endurecer tanto bajo como fuera del aire.

#### **2.5.3.3 Cemento Portland**

Abanto Castillo<sup>100</sup>, lo considera un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros

---

<sup>97</sup> DI RIENZO, Julio Alejandro. Estadística para las Ciencias Agropecuarias, pág. 181

<sup>98</sup> GARCIA TORRES, Mario, Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=480$  kg/cm<sup>2</sup>, usando agregados del Rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto. Tesis, pág. 43.

<sup>99</sup> RIVVA LÓPEZ, Enrique. La Naturaleza Del Concreto y Materiales. pág. 2

<sup>100</sup> ABANTO CASTILLO, Flavio. Tecnología del Concreto, pág. 15

materiales minerales, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida.

#### **2.5.3.4 Agua**

Abanto Castillo<sup>101</sup>, indica que el agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido.

#### **2.5.3.5 Concreto**

Del Reglamento Nacional de Edificaciones<sup>102</sup>, es la mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.

#### **2.5.3.6 Agregado**

En la Revista del Ingeniero Civil (2010)<sup>103</sup>, indica que en general los agregados, tanto finos como gruesos, deben cumplir como mínimo los requerimientos de las Normas respectivas NTP 40037 (AST-MCI11), las características que más coinciden en los concretos de alta resistencia y con los que debemos ser muy exigentes son la granulometría y la calidad propia del agregado (caso del agregado grueso básicamente).

#### **2.5.3.7 Aditivo**

Morataya<sup>104</sup>, lo define como compuesto químico que se agrega al concreto al momento del mezclado, para mejorar sus características y cualidades.

#### **2.5.3.8 Humo de sílice**

García Torres<sup>105</sup>, lo define como un subproducto que se origina en la reducción de cuarzo, de elevada pureza, con carbón en hornos eléctricos de arco para la producción de silicio y ferrosilicio. Se utiliza como adiciones para hormigón de alta resistencia.

#### **2.5.3.9 Microsílice**

Rivva López<sup>106</sup>, lo define como una sílice no cristalina muy fina producida por hornos de arco eléctrico como un subproducto de fabricación de silicio metálico o ferro silicio.

---

<sup>101</sup> ABANTO CASTILLO, Flavio. Tecnología del Concreto, pág. 21

<sup>102</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES,

<sup>103</sup> REVISTA: EL INGENIERO CIVIL N° 118-NOV-DIC-2010, PAG. 31 ING. ANA BIONDI

<sup>104</sup> MORATAYA CÓRDOVA, Carlos Eduardo, Concreto de Alta Resistencia, pág. 14

<sup>105</sup> GARCIA TORRES, Mario, Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=480$  kg/cm<sup>2</sup>, usando agregados del Rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto. Tesis, pág. 44.



### **2.5.3.10 Superplastificante**

Rivva López<sup>107</sup>, señala que son aditivos derivados de los formaldeídos melanina 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.

### **2.5.3.11 Granulometría**

Pineda<sup>108</sup>, define por granulometría la composición del material en cuanto a la distribución del tamaño de los granos que lo integran. Esta característica se mide de forma indirecta haciendo pasar una muestra representativa de agregados por una serie de tamices o cedazos de diferentes aberturas calibradas, que son ordenados de mayor a menor abertura.

### **2.5.3.12 Exudación**

Abanto Castillo<sup>109</sup>, sostiene que es el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado.

### **2.5.3.13 Segregación**

Aybar de la Torre<sup>110</sup>, indica que esta propiedad del concreto fresco, implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del agregado grueso del mortero.

### **2.5.3.14 Fraguado**

García Torres<sup>111</sup>, sostiene que fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón (o mortero de cemento), producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos procedentes de la reacción química del agua de amasado con los óxidos metálicos presentes en el Clinker que compone el cemento.

### **2.5.3.15 Curado**

---

<sup>106</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 24

<sup>107</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Concreto de Alta Resistencia, pág. 23

<sup>108</sup> PINEDA G. Elsi C. Estudio De La Influencia De Las Propiedades Físicas Del Agregado Grueso, pág. 40

<sup>109</sup> ABANTO CASTILLO, Flavio, Tecnología del Concreto pág. 54

<sup>110</sup> AYBAR DE LA TORRE, Miguel E. Tecnología del Concreto, pág. 20

<sup>111</sup> GARCIA TORRES, Mario, Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c=480$  kg/cm<sup>2</sup>, usando agregados del Rio Huallaga para la ciudad de Tarapoto. Tesis, pág. 45

Abanto castillo<sup>112</sup>, considera que es un proceso que consiste en mantener húmedo al concreto por varios días después de su colocación, con el fin de permitir la reacción química entre el cemento y el agua (hidratación del cemento).

#### **2.5.3.16 Absorción**

Aybar de la Torre<sup>113</sup>, manifiesta que la absorción es la cantidad de agua que puede absorber un agregado, expresado en porcentaje.

#### **2.5.3.17 Trabajabilidad**

Abanto Castillo<sup>114</sup>, lo sostiene como la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.

#### **2.5.3.18 Peso Unitario**

Aybar de la Torre<sup>115</sup>, indica que es el peso varillado por unidad de volumen de una muestra representativa de un concreto. Se expresa en kg/m<sup>3</sup>.

#### **2.5.3.19 Resistencia a la Compresión (f'c).**

Rivva López<sup>116</sup>, lo define como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos a la compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

#### **2.5.3.20 Tamaño Máximo (TM).**

La Norma NTP 400.037<sup>117</sup>, define al "*Tamaño Máximo*" como a aquel que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

#### **2.5.3.21 Tamaño Máximo Nominal (TMN).**

La Norma NTP 400.037<sup>118</sup>, define al "*Tamaño Máximo Nominal*" como a aquel que corresponde el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

### **2.5.4 MARCO HISTÓRICO**

---

<sup>112</sup> ABANTO CASTILLO, Flavio, Tecnología del Concreto pág. 235

<sup>113</sup> AYBAR DE LA TORRE, Miguel E. Tecnología del Concreto, pág. 11

<sup>114</sup> ABANTO CASTILLO, Flavio. Tecnología del Concreto. pág. 47

<sup>115</sup> AYBAR DE LA TORRE, Miguel E. Tecnología del Concreto, pág. 24

<sup>116</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Diseño de Mezclas, pág. 29

<sup>117</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Diseño de Mezclas, pág. 49

<sup>118</sup> RIVVA LOPEZ, Enrique, Diseño de Mezclas, pág. 49

El desarrollo de los denominados “Diseños de Mezclas de Concreto ” ha sido gradual a lo largo de las diferentes épocas y etapas de la evolución del concreto. Como ésta continua, la definición de alta resistencia se ha ido modificando.

Así, en la década de los 50, los concretos con una resistencia en compresión de 350 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días eran considerados como de alta resistencia. En la década de los 60 se empleó comercialmente, en Estados Unidos y Japón, concretos con resistencias a la compresión de 500 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

En la década de los 70 ya se utilizan en forma comercial concretos del orden de 600 Kg/cm<sup>2</sup> como resistencia a la compresión a los 28 días. Para el año 2,000 ya se utiliza para concretos vaciados en sitio concretos con resistencias en compresión a los 54 días del orden de 1400 Kg/cm<sup>2</sup>.

Por muchos años, concretos con resistencias en compresión en exceso de 400 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días son disponible sólo en muy pocas localidades. Lentamente pero en forma continua se va ampliando el valor de la resistencia y se incrementa la aplicación de los llamados “concretos de alta resistencia” y, en la actualidad, se utilizan en muchas partes del mundo .En el Perú ya se producen a nivel de laboratorio concretos con resistencias de 1200 Kg/cm<sup>2</sup> a los 54 días y, en obra, normalmente concretos de más de 700 Kg/cm<sup>2</sup>.

Este crecimiento ha sido posible como resultado del notable desarrollo de la tecnología de los materiales, especialmente adiciones y aditivos, y de las investigaciones del laboratorio orientadas a satisfacer la demanda de los profesionales por concretos de resistencias cada vez mayores. La construcción de muchas importantes edificaciones, tales como el Chicago Water Tower Place, o el puente East Huntington, no hubiese sido posible sin la disponibilidad de concretos de alta resistencia.

Desde que el concepto de concretos de alta resistencia ha ido cambiando con los años, el Comité 363 del American Concrete Instituto se ha visto en la necesidad de definir los límites dentro de los cuales se puede considerar a un concreto con el criterio de alta resistencia.

Sin embargo la realidad ha sobrepasado a la definición y la oficial de 1992 ha quedado obsoleta muy rápidamente a la definición.

El Comité indica que la palabra “*exótico*” ha sido incluida en la definición dado que no es función del Comité tratar aspectos referentes a concretos impregnados con polímeros; concretos epóxicos; o concretos preparados con agregados artificiales normales o pesados.

Siempre debe recordarse que la definición de “*alta resistencia*” varía sobre una base geográfica y de desarrollo tecnológico. Así, en aquellas regiones en las que el concreto con una resistencia a la compresión de 600 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días ya está siendo producido comercialmente, los concretos de alta resistencia estarán en el rango de 800 a 1000 Kg/cm<sup>2</sup>.

En cambio, en regiones en las que el límite superior del material comercialmente disponible es normalmente de 350 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, un concreto de 600 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días deberá ser considerado de alta resistencia.

## **2.6 HIPOTESIS A DEMOSTRAR**

Si realizamos una adecuada dosificación de agregados de dos canteras distintas podemos obtener concretos de 175 Kg/cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup> con agregados del río Huallaga y Parapapura.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

##### 3.1.1 RECURSOS HUMANOS

Para este presente trabajo de investigación se contó con la colaboración del siguiente personal:

**a) El Asesor:** Es el que orienta y coordina el desarrollo de la metodología de la investigación de este trabajo para llegar a los objetivos planteados

**b) Los Tesistas:** Es el encargado de desarrollar el trabajo de investigación manejando todos los procesos que intervienen en el desarrollo, coordinando constantemente con el asesor y el personal del laboratorio para llegar a la conclusión de los objetivos trazados.

**c) El Técnico especialista de Laboratorio:** Es el que realiza las pruebas de los materiales a utilizar así como también interviene en coordinación con el Tesista en el diseño de mezclas de acuerdo al objetivo planteado para luego continuar con los demás procesos el proceso preparación de curado y finalmente, concluir con las pruebas de rotura en el laboratorio que son la evaluación final de la resistencia.

**d) El Jefe de Laboratorio:** Es la persona responsable del Laboratorio de Ensayo de Materiales el cual interviene en todo el proceso de pruebas y diseño y diagnóstico final certificando así todas las pruebas realizadas por el Tesista.

##### 3.1.2 RECURSOS MATERIALES

Para este trabajo de Tesis se utilizaron los siguientes materiales:

**a) El Agregado Grueso y Fino:**

Tanto el agregado grueso como el agregado fino se extrajeron de la cantera del río Huallaga y Río Parapapura, que por su naturaleza, tienen mayor resistencia al desgaste, intemperismo, a la meteorización y a los esfuerzos mecánicos.

Los agregados grueso y fino de las canteras del río Huallaga como agregado grueso y agregado fino son aptas para la utilización en pavimentos y concretos por su alta resistencia y dureza.

Se consideró utilizar un tamaño máximo de 3/4", del agregado grueso para el respectivo diseño y para el agregado fino un módulo de finura de 2.7.

#### **b) El Cemento:**

Considerando que el cemento que se utiliza en nuestro medio y en todo el Departamento de San Martín es el Cemento Pacasmayo, y que por su disponibilidad y costo ha copado el mercado con relación a otras marcas que se fabrican en el Perú, se optó el uso de éste producto.

El "Cemento Pacasmayo Tipo I" de polvo gris verdusco, producto obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso se vende en bolsas de 42.5 kg de capacidad. El peso específico considerado en la tesis para el cemento es de 3.11 kg /cm<sup>3</sup>. La planta Cementos Pacasmayo se ciñe a las normas técnicas ASTM C-150 y Norma Técnica Peruana 334.009 (NTP 334.009).

#### **c) Súper plastificante:**

Para la presente investigación se usó el superplastificante Chema Superplast, este aditivo es un reductor de agua de alto rango.

#### **Descripción:**

Es un producto líquido, color marrón oscuro, compuesto por resinas sintéticas, reductor de agua y fluidificante de alto rango. Permite reducir hasta 35% de agua del diseño de mezcla normal. Producto adecuado a la norma ASTM 494 C.

#### **Propiedades:**

CHEMA SUPER PLAST puede ser utilizado como reductor de agua o superfluidificante. Permite mantener por un tiempo prolongado la trabajabilidad.

Alta reducción de la proporción agua cemento sin alterar la trabajabilidad del concreto.

#### **Reduce la exudación.**

Aumento de las resistencias mecánicas y la durabilidad.

Chema Superplast le confiere al concreto un acabado de muy buena calidad y permite llenar formas complicadas con mucha armadura de acero. Mejora las características del concreto bombeado, reduciendo las presiones de bombeo.

### **3.1.3 RECURSO DE EQUIPOS**

#### **a) Recipiente para medidas de Peso Unitario**

Los recipientes para medida de Peso Unitario han sido diseñados de acuerdo con las especificaciones ASTM (ASTM C-29), para determinar el peso con respecto al volumen de muestras concreto, para este caso se utilizó el modelo CT-13 de capacidad 1/10 pie cubico para el agregado fino, y el modelo CT-14 de capacidad 1/3 pie cubico para el agregado grueso.

#### **b) Balanza Digital para determinar la Humedad:**

Esta balanza ha sido diseñada para determinar rápida y automáticamente el contenido de humedad de los suelos, soluciones acuosas y otros materiales, es de la serie L-789 con capacidad de 200 gr., con lecturas de 0.1 gramo.

#### **c) Mezcladora de Concreto de Laboratorio:**

La mezcladora de concreto de laboratorio está diseñada para eliminar el fastidioso trabajo de tener que mezclar a mano el concreto en las pruebas utilizadas en el diseño de mezclas haciendo este diseño más uniforme en el mezclado de los componentes, y además de un funcionamiento suave, silencioso y de fácil manejo.

#### **d) Refrentador de Cilindros de 152mm (6")**

El refrentador de cilindros de concreto simplifica el proceso de refrentado, asegurando las superficies planas y ángulos rectos con respecto al eje del cilindro, cumplen con las Normas de Ensayo (ASTM C-617, AASHTO T-231).

#### **e) Moldes Cilíndricos de Plástico:**

Los moldes cilíndricos de plástico se utilizan para formar cilindros de concreto estándar de 6"x12" para los ensayos de compresión. Los moldes están fabricados en una sola pieza de polipropileno y cumplen con todos los requisitos establecidos por las normas ASTM y AASHTO (ASTM C-39, C-192, C-470; AASHTO M-205.).

#### **f) Cono de Asentamiento de Abrams, Placa Base y varilla compactadora:**

Todos estos equipos en su conjunto han sido creados para determinar el asentamiento cuando se hace el diseño de mezclas, esto con el fin de determinar si la mezcla es trabajable o no para su transporte y colocación en obra, también estos cumplen con

los requisitos implantados por la Norma ASTM Y AASHTO (ASTM C-143, C-192; AASHTO T-23, T-119, T-126).

**g) Cono de Absorción de Arena y Pisón:**

El cono de Absorción de arena y Pisón se utilizan para verificar la humedad superficial de la arena mediante la cohesión de partículas y cumplen con las Normas de Ensayo (ASTM C-128: AASHTO T-84).

**h) Máquina de Abrasión de los Ángeles**

Esta máquina está diseñada de acuerdo con las especificaciones ASTM C-131, C-535; AASHTO T-96. Este ensayo cubre el procedimiento de ensayo para rocas trituradas escorias y grava triturada en lo referente a su resistencia al desgaste utilizando esta máquina de abrasión de los Ángeles con una carga abrasiva, puede utilizarse asimismo para determinar los límites de abrasión.

**i) Tamizador**

El tamizador tiene función de realizar el movimiento vertical mediante las varillas provistas de resortes, realiza una acción de sacudida de manera distribuida en cada cambio de dirección debido a que los soportes el tamiz se mueve de un lado a otro. Esta acción de sacudida y distribución permite una separación apropiada de todos los materiales que se mueven rápidamente a través de las mallas del tamiz, reduciendo considerablemente el tiempo del ensayo.

**j) Los Tamices**

Estos realizan la separación granulométrica tanto del agregado fino como del agregado grueso, seleccionando los granos en diferentes diámetros en cada uno de los tamices para su respectiva clasificación. Asegura un flujo suave e interrumpido de los materiales a través del tamiz. Están diseñadas según la norma ASTM E-11.

**k) Balanza Electrónica de Precisión Estándar**

Esta especialmente adecuada para el pesado en gramos únicamente de muestras.

**l) Balanza Electrónica de Precisión Especiales**

Para aplicaciones de pesados que requieran una alta precisión con capacidad de hasta 30 kg. Esta balanza está incorporada con una plataforma de gran tamaño de acero inoxidable para aplicaciones de pesado de materiales voluminosos.



#### **m) Bandejas y Recipientes de Mezclado**

Sirven para almacenar, pesar o saturar muestras.

#### **n) Mazo de Goma**

Esta herramienta es para ser utilizado en la preparación de probetas de concreto, ya que permite mediante golpes eliminar la mayor cantidad de vacíos en la muestra.

#### **o) Prensa para Romper Probetas**

Esta prensa nos determina la resistencia final del concreto obtenida a través del diseño de mezcla.

### **3.1.4 OTROS RECURSOS**

En la elaboración del presente trabajo de investigación se utilizaron además, los siguientes materiales y equipos de gabinete:

**a) Material Bibliográfico:** Libros de especialidad referente al tema y contemplado en el Marco Teórico.

**b) Material de Escritorio:** CD-R, CD-RW, USB, tinta para impresora, lapiceros, lápices, papel A-4, etc.

**c) Software de Cómputo:** Microsoft Office (Word, Excel, Visio y Power Point.

Internet: En la Red se encontró información actualizada.

Hardware : Computadora Intel Core i3

Impresora : Epson L110 series.

Fotocopiadora: kyosera.

## **3.2. MÉTODOLÓGÍA**

### **3.2.1. UNIVERSO, MUESTRA POBLACION**

#### **3.2.1.1. Universo.**

El estudio realizado, basado en la Norma ITINTEC, el cual nos delimita que nuestro Universo, está definido por la totalidad de probetas; es decir:  $U=312$  probetas

#### **3.2.1.2 Población.**

La población tiene que ver con el tamaño del universo y como éste es homogéneo y pequeño, entonces la población = 104 probetas.

### 3.2.1.3 Muestra.

La muestra por el proceso que se ha realizado, se estableció en 104 probetas.

## 3.2.2. SISTEMA DE VARIABLES

### 3.2.2.1 Variable Independiente

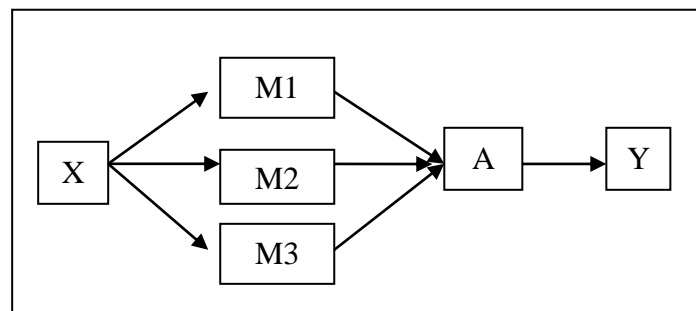
1. Cantidad de agregados con la calidad requerida, según normas.
2. La relación agua/cemento.
3. Cantidad de aditivos.

### 3.2.2.2 Variable Dependiente

1. Diseñar un concreto de Alta Resistencia  $f'c=600 \text{ kg/cm}^2$ .

## 3.2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACION

Considerando las expresiones de las variables en estudio, se considera el siguiente esquema de investigación:



X= Necesidad de obtener concreto de resistencia:  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

M<sub>1</sub>= Obtención de los materiales, recursos y Equipos para la elaboración de los concretos de resistencias especificadas.

M<sub>2</sub>= Elaboración de los estudios y ensayos de Laboratorio previo a la preparación de los Diseños de concreto.

M<sub>3</sub>= Diseño de concreto de Resistencias  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

A = Procesamiento de los Datos Obtenidos y evaluación de los diseños de concreto.

Y = Obtención de concretos de resistencia  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

## 3.2.4 DISEÑO DE INSTRUMENTOS

Se presentan todos los métodos y procedimientos a utilizar en el desarrollo de la presente investigación, empezando en primer lugar con la adquisición de los agregados (grueso y fino), para cuantificar y evaluar las características físicas y propiedades en el

laboratorio, luego con los datos obtenidos aplicar el método de dosificación de concreto y posteriormente para evaluar la calidad del concreto en estado fresco y endurecido.

A continuación se describe cada uno de éstos métodos

#### **3.2.4.1 Descripción de Ensayos de los Agregados.**

La cuantificación de las propiedades del agregado, toma importancia porque son utilizados en los cálculos para el proporcionamiento de mezclas de concreto y en los aspectos que el diseñador debe considerar para la exposición que tendrá el concreto fabricado con los agregados durante la vida útil de la estructura. Esta cuantificación se lleva a cabo mediante ensayos a nivel de laboratorio. El desarrollo de estos ensayos se realizó en el laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de San Martín (UNSM), y se basó en el procedimiento que establece la norma ASTM C 33 y las Normas Técnicas Peruanas (NTP) correspondientes

##### **a) Peso Específico del Agregado Fino (NTP 400.022)**

Esta norma establece un método de ensayo para determinar el peso específico de la masa, el peso específico saturado superficialmente seco, el peso específico aparente y el porcentaje de absorción (después de saturarse 24 horas en el agua) del agregado fino.

Aparatos:

- Balanza con sensibilidad de 0.1 gramos o menos y con capacidad de 1 Kg a más.
- Frasco volumétrico de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad, calibrado hasta 0.10 cm<sup>3</sup> a 20°C.
- Molde cónico metálico de 40 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior, y 75 mm de altura.
- Barra compactadora de metal de 340 gramos  $\pm$  15gramos de peso con un extremo de superficie plana circular de 25 mm  $\pm$  3 mm de diámetro.
- Estufa capaz de mantener una temperatura de 110°C  $\pm$  5°C.
- Termómetro con aproximación de 0.5°C.

##### **a.1) Preparación de la Muestra:**

Se coloca aproximadamente 1000 gramos del agregado fino, obtenido del agregado que se desea ensayar por el método del cuarteo, en un envase adecuado. Después de secarlo a peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C. Se cubre la muestra con agua y se deja en reposo durante 24 horas.

Se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia para garantizar un secado uniforme. Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí. Luego se coloca el agregado fino en forma suelta en un molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con el pisón de metal y se levanta el molde verticalmente.

Si existe humedad libre, el cono del agregado fino mantendrá su forma. Se sigue secando, revolviendo constantemente y se prueba a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. Esto indica que el agregado fino ha alcanzado una condición superficialmente seca.

**a.2) Procedimiento:**

Se introduce de inmediato el frasco una muestra de 500 gramos del material en condición saturado superficialmente seco, se llena de agua hasta alcanzar casi la marca de 500 cm<sup>3</sup>. A una temperatura de 23°C ± 2°C. Luego se hace rodar el frasco sobre una superficie plana para eliminar todas las burbujas de aire, después del cual se coloca en un baño a temperatura constante de 23°C ± 2°C.

Después de aproximadamente 1 hora se llena con agua hasta la marca de 500 cm<sup>3</sup>, y se determina el peso total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0.10 gramos. Se saca el agregado fino del frasco se seca hasta peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C, se enfría a temperatura ambiente en un secador durante media hora a una hora y media, y se pesa.

**a.3) Expresión de Resultados:**

Peso Específico de Masa:

$$Pe = W_o / (V - V_a) \dots\dots\dots (9)$$

En donde:

Pe = Peso Específico de Masa.

W<sub>o</sub> = Peso en el aire de la muestra secada al horno, expresada en gramos.

V = Volumen del frasco en centímetros cúbicos.

V<sub>a</sub> = Peso en gramos o Volumen en cm<sup>3</sup> del agua añadida al frasco.

Peso Específico Aparente:

$$Pe,a=Wo/(V - Va) - (500 - Wo)..... (10)$$

Pe,a = Peso Específico Aparente.

Peso Específico de Masa Saturado con Superficie Seca:

$$Pe,s=500/(V-Va)..... (11)$$

Pe,s=Peso Específico de masa del material saturado superficialmente seco

**Absorción:**

$$Ab=(500 - Wo) / (Wo) * 100..... (12)$$

Ab = Porcentaje de Absorción

**Precisión de los Resultados:**

Determinaciones por partida doble no deben diferir en  $\pm 0.01$  en el caso del peso específico y  $\pm 0.1$  en el caso del porcentaje de absorción; de no cumplirse esta condición los ensayos deberán realizarse nuevamente.

**b) Peso Específico del Agregado Grueso (NTP 400.021)**

Esta Norma establece un método de ensayo para determinar el peso específico de masa, el peso específico saturado superficialmente seco, el peso específico aparente y el porcentaje de absorción (después de saturarse 24 horas en agua) del agregado grueso.

Aparatos:

- Balanza con una capacidad de 5 Kg. O más y con sensibilidad de 0.5 gr. O menos.
- Cesta de malla de alambre, con abertura correspondiente al tamiz 3 mm (N° 6), o menor, o un recipiente de aproximadamente igual ancho y altura con capacidad de 4000 cm<sup>3</sup> a 7000 cm<sup>3</sup>.
- Envase adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.
- Estufa, capaz de mantener una temperatura de 110°C  $\pm$  5°C.
- Termómetro, con aproximación de 0.5°C.

**b.1) Muestra de Ensayo:**

Se seleccionará por el método del cuarteo, aproximadamente 5 Kg del agregado que se desea ensayar, rechazando todo material que pase el tamiz 4.75 mm. (N°4).

**b.2) Procedimiento:**

Después de un lavado completo para eliminar el polvo u otras impurezas superficiales de las partículas, se seca la muestra hasta peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C y luego se sumerge en agua por un periodo de 24 horas ±4 horas.

Se saca la muestra del agua y se hace rodar sobre un paño grande absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún aparezca húmeda. Se secan separadamente los fragmentos más grandes. Se tiene cuidado en evitar la evaporación durante la operación de secado de la superficie. Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición saturada superficialmente seco. Se determina éste y todos los demás pesos con aproximación de 0.5 gramos.

Después de pesar en condición SSS (Saturado Superficialmente Seco), se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso sumergido en agua a temperatura de 23°C a ± 2 °C.

Se seca la muestra hasta peso constante, a una temperatura de 100°C a 110°C y se deja enfriar hasta temperatura ambiente, durante 1 hora a 3 horas y se pesa.

Expresión de los Resultados:

Peso Específico de Masa:

$$Pe = A / (B - C) \dots\dots\dots (13)$$

En donde:

Pe= Peso Específico de Masa.

A = Peso en el aire en gramos, de la muestra secada al horno.

B = Peso en el aire en gramos, de la muestra saturada con superficie seca.

C = Peso en gramos, de la muestra sumergida en agua.

Peso Específico Aparente:

$$Pe,a = A / (A - C) \dots\dots\dots (14)$$

Peso Específico de Masa saturada con superficie seca:

$$P_{sss} = B / (B - C) \dots\dots\dots (15)$$

**Absorción:**

$$Abs. = [(B - A) / A] * 100 \dots\dots\dots (16)$$

Precisión de Resultados: Determinaciones por partida doble no deben diferir en  $\pm 0.01$  en el caso del peso específico y  $\pm 0.1$  en el caso del porcentaje de absorción; de no cumplirse esta condición los ensayos deberán realizarse nuevamente.

### **c) Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Grueso (NTP 400.012)**

Esta norma técnica peruana establece el método para la determinación de la distribución por tamaños de partículas del agregado fino y agregado grueso por tamizado.

Aparatos:

- **Balanzas:** Las balanzas utilizadas en el ensayo del agregado fino y agregado grueso deberán tener la siguiente exactitud y aproximación.

Para agregado fino, con aproximación de 0.1 gr. y exacta a 0.1 gr. ó 0.1% de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

Para el agregado grueso, con aproximación y exacta a 0.5 gr. ó 0.01% de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

- **Tamices:** Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001.
- **Agitador Mecánico de Tamices:** Un agitador mecánico impartirá un movimiento vertical o un movimiento lateral al tamiz, causando que las partículas tiendan a saltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie del tamizado. El tiempo de tamizado se recomienda en 10 minutos.
- **Horno:** Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### **c.1) Muestreo:**

Tomar muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010. El tamaño de la muestra de campo deberá ser la cantidad indicada en la NTP 400.010 ó cuatro veces la cantidad requerida en el cuadro que se presenta para el agregado grueso.

- Agregado Fino: La cantidad de la muestra de ensayo, luego de secado será de 300 gramos mínimo.
- Agregado Grueso: La cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la siguiente tabla.

Tabla N 02: Cantidad mínima de muestra de ensayo para agregado grueso

Tamaño Max. Nominal mm (pulgadas)	Cantidad de la muestra de ensayo Mínimo
9.5 (3/8)	1
12.5 (1/2)	2
19 (3/4)	5
25 (1)	10
37.5 (1 ½)	15
50 (2)	20
63 (2 ½)	35

Fuente: Tesis de José Luis Gonzales García

### c.2) Procedimiento:

Secar la muestra a peso constante a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Se seleccionan tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material al ser ensayado. El uso de tamices adicionales puede ser necesario para obtener otra información, tal que como el módulo de finura o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Encajar los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por un periodo suficiente aproximadamente 10 minutos. Limitar la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación del tamizado. Para tamices con aberturas menores que 4.75 mm. La cantidad retenida sobre alguna malla al completar el tamizado no excederá a  $7\text{kg}/\text{cm}^2$  de área superficial de tamizado. Para tamices con abertura de 4.75 mm. y mayores, la cantidad requerida en Kg no deberá sobrepasar el producto de  $2.5 \times$  (abertura del tamiz en mm.  $\times$  (área efectiva del tamizado,  $\text{m}^2$ )).

### c.3) Cálculo:

Calcular el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos, o los porcentajes sobre cada tamiz, aproximadamente al 0.1% más cercano de la masa seca inicial de la



muestra. Si la misma muestra fue ensayada por el método de ensayo que se describe en la NTP 400.018, incluir la masa del material más fino que la malla (N° 200) calculada por el método del lavado y utilizar el total de la masa de la muestra seca previa al lavado descrito en el método de ensayo de la NTP 400.018, como base para calcular todos los porcentajes.

Cuando se requiera calcular el módulo de finura global, se hará sumando el porcentaje acumulado retenido del material de cada uno de los siguientes tamices: (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: (N°100), (N°50), (N°30), (N°16), (N°8), (N°4), (3/8), (3/4), (1 ½), y mayores; incrementando en la proporción 2 a 1.

#### **c.4) Reporte:**

Dependiendo de las especificaciones para el uso del material, el reporte incluirá lo siguiente:

- Porcentaje total que pasa cada tamiz.
- Porcentaje total retenido en cada tamiz.
- Porcentaje retenido entre tamices consecutivos.
- Reportar el módulo de fineza cuando se solicite, al 0.01.

#### **d) Peso Unitario del Agregado (NTP 400.017)**

Este método de ensayo cubre la determinación de peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso, basados en la misma determinación. Este método se aplica a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm.

Aparatos:

- Balanza: Una balanza con aproximación a 0.05 Kg, y que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm. (5/8) de diámetro y aproximadamente 60 cm. de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Recipientes de Medida: Cilíndricos, metálicos, preferiblemente con asas, estancos con tapas y fondo firme y parejo, con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígidas para mantener su forma en condiciones severas de uso.

Los recipientes tendrán una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso la altura será menor del 80% ni mayor del 150% del diámetro.

- Pala de Mano: Una pala o cucharón de suficiente capacidad para llenar el recipiente con el agregado.
- Equipo de Calibración: Una plancha de vidrio de por lo menos 6 mm. (1/4") de espesor y 25 mm. (1") mayor del diámetro del recipiente a calibrar.

Secar el agregado a peso constante en un horno preferiblemente a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### **d.1) Selección del Procedimiento:**

El procedimiento para la determinación del peso unitario suelto se usará sólo cuando sea indicado específicamente.

De otro modo, el peso unitario compactado será determinado por el procedimiento de apisonado para agregados que tengan un tamaño máximo nominal de 37,5 mm (1 ½) o menos.

#### **d.2) Procedimiento:**

##### Peso Unitario Seco Compactado:

Se llena la tercera parte del recipiente de medida y se nivela la superficie con la mano. Se apisona la capa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y nuevamente se compacta con 25 golpes como antes. Finalmente, se llena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se elimina utilizando la barra compactadora como regla.

Al compactar la primera capa, se procura que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las dos últimas capas, sólo se emplea la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente. Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente sólo y se registra los pesos con una aproximación de 0.5 Kg.

##### Peso Unitario Seco Suelto:

El recipiente de medida se llena con una pala o cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de (2") por encima de la parte superior del

recipiente. El agregado sobrante se elimina con una regla. Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registran los pesos con una aproximación de 0.05 Kg.

**d.3) Cálculos:**

Peso unitario.- El cálculo del peso unitario compactado o suelto, es como sigue:

$$M = (G - T) / V \dots\dots\dots (17)$$

$$M = (G - T) * F \dots\dots\dots (18)$$

Dónde:

M = Peso unitario del agregado en Kg/m<sup>3</sup>.

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en Kg.

T = Peso del recipiente de medida en Kg.

V = Volumen de la medida en m<sup>3</sup>.

F = Factor de la medida en m<sup>-3</sup>.

El peso unitario determinado por éste método de ensayo es para agregados en la condición seco. Si se desea calcular el peso unitario en la condición saturado con superficie seca (sss), se utiliza la siguiente expresión:

$$M_{sss} = M[1 + (A/100)] \dots\dots\dots (19)$$

Dónde:

M<sub>sss</sub> = Peso unitario en la condición saturado superficialmente seco, en kg/m<sup>3</sup>.

A = Porcentaje de absorción del agregado determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021 o NTP 400.022.

**d.4) Contenido de Vacíos:**

$$\% \text{ Vacíos} = 100[(S * W) - M] / (S * W) \dots\dots\dots (20)$$

Dónde:

M = Peso unitario del agregado en Kg/m<sup>3</sup>.

S = Peso específico de masa (base seca).

W = Densidad del agua, 998 Kg/m<sup>3</sup>.

**d.5) Precisión agregado grueso (Peso Unitario):**

Para un solo operador la desviación típica ha sido establecida en 14 kg/m<sup>3</sup>. Luego los resultados de dos ensayos realizados por un solo operador con el mismo material no diferirán en más de 80Kg/m<sup>3</sup>.

Estos índices de precisión, desviación típica, han sido establecidos para peso normal y de tamaño máximo nominal de (1"), utilizando un recipiente de medida de ½ pie<sup>3</sup> de capacidad.

**d.6) Precisión agregado fino (Peso Unitario):**

Precisión para un solo operador la desviación típica ha sido establecida en 14 Kg/m<sup>3</sup>. Luego el resultado de dos ensayos realizados por un solo operador con un mismo material no diferirá en más de 40 Kg/m<sup>3</sup>.

Estos índices de precisión y desviación típica han sido establecidos para peso unitario suelto, utilizando un recipiente de medida de 1/10 pie<sup>3</sup> de capacidad.

Tabla N° 03: Capacidad de Medida

TMN del Agregado		Capacidad de la Medida	
Mm	Pulg.	L(m <sup>3</sup> )	P <sup>3</sup>
12.5	1/2	2.8(0.0028)	1/10
25	1	9.3(0.0093)	1/3
37	1 1/2	14(0.014)	½
75	3	28(0.028)	1
112	4 1/2	70(0.070)	2 1/2
150	6	100(0.100)	3 1/2

Fuente: Tesis de José Luis Gonzales García

Tabla N° 04: Requisitos para los Recipientes de Medida.

ESPESOR MINIMO DEL METAL			
Capacidad de Medida	Fondo	Sobre 1 ½" de Pared	Espesor adicional
Menos de 0.4 pie <sup>3</sup>	0.2 pulg	0.10 pulg	0.10 pulg
De 0.4 p <sup>3</sup> a 1.5 p <sup>3</sup> , incluido	0.2 pulg	0.20 pulg	0.12 pulg
Sobre 1.5 p <sup>3</sup> a 2.8p <sup>3</sup> , incluido	0.4 pulg	0.25 pulg	0.15 pulg
Sobre 2.8 p <sup>3</sup> a 4 p <sup>3</sup> , incluido	0.5 pulg	0.30 pulg	0.20 pulg
Menos de 11 L, incluido	5 mm	2.5 mm	2.5 mm
Sobre 2.8 p <sup>3</sup> a 4 p <sup>3</sup> , incluido	10 mm	6.4 mm	3.8 mm
Sobre 2.8 p <sup>3</sup> a 4 p <sup>3</sup> , incluido	13 mm	7.6 mm	5 mm

Fuente: Tesis de José Luis Gonzales García

Tabla N° 05: Densidad del Agua

Temperatura		Kg/m <sup>3</sup>	Lb/pie <sup>3</sup>
C	F		
15.6	60	999.01	62.366
18.3	65	998.54	62.336
21.1	70	997.97	62.301
23	73.4	997.54	62.274
23.9	75	997.32	62.261
26.7	80	996.59	62.216
29.4	85	995.83	62.166

Fuente: Tesis de José Luis Gonzales García

**e) Material que pasa la malla N° 200 (NTP 339.132)**

Este ensayo describe el procedimiento para determinar, por lavado, la cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200 en un agregado.

Durante el ensayo se separan de la superficie del agregado, por lavado, las partículas que pasan el tamiz N° 200, tales como: Arcilla, agregados muy finos, y materiales solubles en el agua.

**Aparatos:**

- Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Dos tamices, siendo el menor de (N° 200), y el otro (N° 16).
- Recipientes.
- Estufa, de tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura constante y uniforme de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ .

**e.1) Muestra de Ensayo:**

Tómese la muestra del agregado de acuerdo con los procedimientos descritos en la NTP (400.01). Redúzcase la muestra por cuarteo, hasta un tamaño suficiente, de acuerdo con el tamaño máximo del material, si va a ser sometida a tamizado en seco. En caso contrario, la muestra no será menor que la indicada en la tabla N° 06.

Tabla N° 06 Cantidad Mínima de Material para el Ensayo

Tamaño nominal Máximo en (mm.)	Peso Mínimo en (gr.)
2.38 (N°8)	100
4.76 (N°4)	500
9.51 (3/8")	2000
19 (3/4")	2500
31.10 (1 1/2" o mayor)	5000

Fuente: Tesis de José Luis Gonzales García

**e.2) Procedimiento:**

Séquese la muestra de ensayo, hasta peso constante, a una temperatura que no exceda los  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ . y péseese con una precisión de 0.1%.

Después de secada y pesada, colóquese la muestra de ensayo en el recipiente y asegúrese suficiente cantidad de agua por cubrirla. Agítese vigorosamente el contenido de recipiente y de inmediato viértase sobre el juego de tamices armado. Se considera satisfactorio el uso de una cuchara para agitar la muestra en el agua.

Agítese con suficiente vigor para lograr la separación total de todas las partículas más finas que el tamiz (N°200), y provocar la suspensión del material fino, de manera que pueda ser removido por decantación del agua de lavado. Es conveniente tener el cuidado necesario para no arrastrar las partículas más gruesas. Repítase esta operación hasta que el agua de lavado salgue completamente limpia.

Devuélvase todo el material retenido en el juego de tamices a la muestra lavada. Sáquese el agregado lavado hasta obtener un peso constante, a una temperatura que no exceda de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  y péseese con una aproximación de 0.1% del peso de la muestra.

El agua empleada no debe contener detergentes, agentes dispersantes u otras sustancias de este tipo.

**e.3) Cálculos:**

Calcúlese la cantidad de material que pasa el tamiz N° 200 por lavado de la forma siguiente:

$$A = [ (B - C) / B ] * 100 \dots\dots\dots(21)$$

Siendo:

A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200, por lavado.

B = Peso original de la muestra seca, en gramos.

C = Peso de la muestra seca, después de lavada, en gramos.

**f.) Análisis de Contenido Químico en Agregados.**

Los métodos utilizados en la determinación de los contenidos de sulfatos, cloruros y sales solubles serán los clásicos, como gravimetrías, cromatografías, volumetrías, extracciones, destilaciones, que son los que pondremos en práctica.

Un análisis gravimétrico típico consta de tres pasos principales. En primer lugar, la muestra que se requiere pesar se disuelve para dar una solución. Luego el elemento o ion que se está analizando se hace reaccionar con un reactivo seleccionado para que precipite de la solución, como uno de sus compuestos. Finalmente el precipitado se filtra y seca, y a veces se hace reaccionar otra vez o se calienta mucho (para formar un compuesto más estable) antes de ser pesado.

El análisis gravimétrico se debe realizar con pequeñas cantidades de sustancias, se necesitan por tanto balanzas muy precisas, como las de carga superior, de triple astil, de brazos iguales, híbridas, electrónicas, con errores en las medidas menores de  $1 \times 10^{-7}$  gramos.

El análisis volumétrico, lleva consigo la reacción de productos químicos en solución, para determinar la fuerza de uno de ellos. Si un químico quiere averiguar la cantidad de un ácido de una disolución, deberá utilizar una sustancia álcali que reaccione con él y que será conocida como sustancia estándar, de concentración conocida, los materiales implicados son matraz Erlenmeyer, balanza electrónica, pipetas y bureta, tomamos un volumen conocido del ácido a valorar y la introducimos en el Erlenmeyer, en la bureta colocamos el álcali de concentración conocida, la reacción final se detecta por la presencia de una sustancia llamada indicador que vira de color cuando ha terminado la reacción entre el ácido y la base, de este modo sabemos qué cantidad de base ha requerido dicho ácido para su total neutralización, obteniendo como productos finales agua salada y el indicador.

La gama de indicadores es muy amplia, y los márgenes de viraje son los necesarios para identificar el carácter ácido o básico de las sustancias; tenemos a la fenolftaleína, azul de metileno, anaranjado de metilo, papel indicador universal o tornasol, el almidón que se usa para averiguar la presencia de yodo, etc.

El objetivo de estas determinaciones permite verificar mediante procedimientos establecidos, los contenidos de elementos y/o sustancias nocivas presentes en los agregados existentes y su interacción con el concreto.

#### **f.1) Contenido de Sulfatos Solubles (NTP 339.177).**

Poner 4-5 c.c de agua en un tubo de ensayo, añadir tres o cuatro gotas de ácido clorhídrico y calentar, una vez empiece a hervir se añaden unas gotas de cloruro de bario, un precipitado blanco indica presencia de SULFATOS.

## **f.2) Contenido De Cloruros Solubles (NTP 339.178).**

Colocar 1-2 cm<sup>3</sup> de agua en un tubo de ensayo, añadir unas gotas de ácido nítrico y unas gotas de nitrato de plata, si el ion CLORURO está presente se formará un precipitado de color blanco que es cloruro de plata.

## **g) Ensayo de Abrasión (ASTM C-131)**

En los agregados gruesos una de las propiedades físicas en los cuales su importancia y su conocimiento son indispensables en el diseño de mezclas es la RESISTENCIA A LA ABRASIÓN O DESGASTE de los agregados.

La prueba consiste en hacer golpear una muestra de material con una carga abrasiva dentro de un tambor metálico (giratorio), a una determinada velocidad.

La evaluación de la resistencia a la abrasión se realiza a partir del incremento en material fino que se produce por el efecto de golpeo con la carga abrasiva dentro del tambor cilíndrico. Y de esta manera, medir el desgaste producido por una combinación de impacto y rozamiento superficial en una muestra de agregado de granulometría preparada.

La resistencia a la abrasión se usa generalmente como un índice de calidad de los agregados, ya que proporciona cierta indicación de la capacidad de éstos para producir concretos resistentes.

Para determinar la resistencia al desgaste de los agregados se emplea el ensayo en la máquina de Los Ángeles, de acuerdo con la Norma ASTM C-131.

Este ensayo consiste básicamente en colocar el agregado dentro de un cilindro rotatorio con una carga de bolas de acero por un periodo de tiempo especificado, después de lo cual se determina el porcentaje de desgaste sufrido.

El agregado grueso ensayado a desgaste no deberá mostrar una pérdida mayor del 50 por ciento en peso. Para grava, grava triturada o roca triturada.

## **h) Ensayo de Durabilidad (ASTM C 150)**

Bajo la luz de las normas vigentes, la durabilidad se ratifica como propiedad fundamental para el diseño de estructuras en concreto. Instituciones de carácter



normativo como el ACI (American Concrete Institute), las normas ASTM, entre otras, le han dado la relevancia al diseño de estructuras bajo la óptica de la durabilidad como factor fundamental.

El ACI define la durabilidad del concreto de cemento Portland, como “La habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, la abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzca deterioro del concreto.”

De esta manera se entiende que la durabilidad no depende únicamente de la elaboración del concreto sino del medio al que este se exponga.

La durabilidad de una estructura se debe plantear desde varios niveles. Para el caso específico del objeto de esta tesis, se pretende visualizar desde la perspectiva del material, específicamente del concreto.

### **h.1) Ataque Ion Sulfato**

El ión sulfato aparece en mayor o menor proporción en todas las aguas libres subterráneas. El contenido de ión sulfato de las aguas subterráneas es considerable en los terrenos arcillosos, constituyendo uno de los más importantes alimentos de los vegetales. En zonas áridas los sulfatos se pueden presentar en las arenas como material de aporte y en rocas carbonatadas de origen sedimentario.

Los sulfatos más abundantes en los suelos son: sulfatos de calcio, de magnesio y de sodio, todos ellos de diferente solubilidad.

La acción de los sulfatos se produce sobre el hidróxido de calcio y fundamentalmente sobre el aluminato de calcio  $C_3A$  y el ferro aluminato tetra cálcico  $C_3FA$

El ataque del sulfato se manifiesta con una exudación de apariencia blanquecina y agrietamiento progresivo que reduce al concreto a un estado quebradizo y hasta suave.

La acción del sulfato de calcio es relativamente simple, ataca al aluminato tricálcico y en menor medida al ferro aluminato tetra cálcico, produciendo sulfoaluminato tricálcico (etringita) e hidróxido de calcio (portlandita). La acción del sulfato de sodio es doble, reacciona primero con el hidróxido de calcio generando durante la hidratación del

cemento, formando sulfato de calcio e hidróxido de sodio. A su vez el sulfato de calcio ataca al aluminato tricálcico formando etringita

La acción del sulfato de magnesio es la que produce un mayor daño, en cuanto actúa sobre las fases de la pasta de cemento, como son los silicatos cálcicos, mediante una serie de acciones complejas que modifican el PH de las pastas de cemento.

El ataque por sulfatos es uno de los más peligrosos para el concreto, el agente agresivo comienza por atacar los granos de Clinker hidratados, la pasta de cemento sufre cierta expansión, se torna blanda y por último se agrieta.

De los cuatro compuestos de cemento Portland (aluminato tricálcico, aluminato tetra cálcico, silicato bicalcico y silicato tricálcico) el más vulnerable es el aluminato tricálcico (C<sub>3</sub>A) éste compuesto reacciona con el sulfato de calcio (CaSO<sub>4</sub>) mas 32 moléculas de agua (32 H<sub>2</sub>O) formándose un sulfoaluminato cálcico llamado etringita (C<sub>3</sub>A 3 CaSO<sub>4</sub>) que es poco soluble y que crea muy fuertes presiones por su aumento de volumen (expansión) que es alrededor de 2.3 veces el original.



El sulfato de calcio es más agresivo que el de sodio y el de magnesio, su ataque sobre el concreto, que puede ser físico o fisicoquímico, se da por reacción con el aluminato cálcico hidratado, generando la formación de yeso en los capilares y espacios vacíos.

Este efecto inicialmente aumenta la compacidad del concreto pero como el yeso es un compuesto expansivo, finalmente deteriora el material Teniendo en cuenta esto, se han generado múltiples recomendaciones y normas en las que se especifican ciertas características con las cuales se debe contar para lograr un concreto durable y resistente a sulfatos.

En esencia las características que debe tener un concreto para reducir el impacto del ataque de los sulfatos son:

- Garantizar la baja permeabilidad y porosidad del concreto.
- Reducir la reacción que tiene los sulfatos con el aluminato tricálcico.

Para garantizar la baja permeabilidad del concreto es recomendado disminuir la relación agua cemento de la mezcla, teniendo siempre en cuenta que esta no provoque

posteriormente fisuras por contracción del concreto, por el calor de hidratación de la pasta de cemento.

La segunda característica se debe especialmente al tipo de cemento empleado en la mezcla. De esta manera, y de acuerdo a la ASTM C 150.

Existen cementos de alta resistencia a los sulfatos (Tipo V y Tipo II), los cuales tienen un contenido moderado de Aluminato tricálcico lo que hace menos vulnerable a la mezcla de reaccionar ante la presencia de los sulfatos.

## **h.2) Soluciones Necesarias**

### **Solución de sulfato de sodio.**

La solución saturada de sulfato de sodio, se prepara disolviendo el peso necesario de sal del tipo "comercial", en agua a la temperatura de 25 a 30°C (77 a 86 °F).

Se añade suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) o cristalizada ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), para asegurar no solamente que la solución esté saturada, sino también que quede un exceso de cristales cuando la solución esté preparada. Se agita bien la solución mientras se está preparando.

Se enfría la solución a  $21 \pm 1$  °C ( $140 \pm 2$ ° F) y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla; se agita bien, inmediatamente antes de usarla, y en este momento debe tener un peso específico entre 1.151 y 1.174.

La solución que presente impurezas debe filtrarse y debe volverse a comprobar su peso específico.

### **Solución de sulfato de magnesio.**

Se prepara disolviendo el peso necesario de sal del tipo "comercial", en agua a la temperatura de 25 a 30 °C (77 a 86 °F).

Se añade suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra ( $\text{MgSO}_4$ ) o cristalizada ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), para asegurar no solamente que la solución esté saturada, sino también que quede un exceso de cristales cuando la solución esté preparada.

Se agita bien la solución mientras se está preparando. Se enfría la solución a una temperatura de  $21 \pm 1$  °C ( $70 \pm 2$  °F), y se mantiene a esta temperatura por lo menos

durante 48 horas antes de emplearla; inmediatamente antes de usarla se agita bien, y en este momento tendrá un peso específico comprendido entre 1.295 y 1.302. La solución que presente impurezas debe filtrarse y debe volverse a comprobar su peso específico.

### h.3) Muestras

**Agregado fino.** - La muestra del agregado fino debe pasar toda por el tamiz de 9.5 mm (3/8"). La muestra tendrá el peso suficiente para poder obtener 100 g de cada una de las fracciones que se indican a continuación, que estén presentes la muestra en cantidad mayor del 5%.

Tabla N° 07: Peso Mínimo Requerido de Agregado Fino.

TAMAÑO		Peso mínimo requerido (g)
Pasa	Retiene	
3/8"	N° 04	100
N° 04	N° 08	100
N° 08	N° 16	100
N° 16	N° 30	100
N° 30	N° 50	100
N° 50	N° 100	100
< N° 100		

Fuente: EG 2013 – MTC

**Agregado grueso.**- La muestra del agregado grueso debe ser un material del que se han eliminado todas las fracciones inferiores- al tamiz de 4.75 mm (No. 4). Estos tamaños eliminados se ensayan de acuerdo con el procedimiento para el agregado fino. La muestra debe tener, como mínimo, el peso suficiente para obtener de ella, las cantidades de, las fracciones indicadas en la Tabla 8, que estén presentes en cantidad de 5% como mínimo.

Tabla N° 08: Peso Mínimo Requerido de Agregado Grueso.

TAMAÑO		Peso requerido (g)
Pasa	Retiene	
2 1/2"	2"	3000±300
2"	1 1/2"	2000±200
1 1/2"	1"	1000±50
1"	3/4"	500±30
3/4"	1/2"	670±10
1/2"	3/8"	330±5
3/8"	N° 4	300±5

Fuente: EG 2013 – MTC

#### **h.4) Preparación de las Muestras**

##### **Agregado fino.**

La muestra de agregado fino se lava bien sobre un tamiz de 300  $\mu\text{m}$  (No. 50); se seca hasta peso constante, a una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ) y se separa en las diferentes fracciones por medio de un tamizado realizado de la siguiente manera:

Se hace primero una separación aproximada, por medio de una serie de los tamices indicados.

De cada una de las fracciones obtenidas de esta forma se separa la suficiente cantidad de muestra para poder obtener 100 g, después de tamizar sobre el correspondiente tamiz hasta rechazo (en general, son suficientes unos 110 g).

Las partículas de agregado fino que quedan encajadas en la malla del tamiz, no se emplean en la preparación de la muestra. Las muestras de 100 g, de cada una de las fracciones, después del tamizado final, se pesan y colocan por separado en los recipientes para ensayo.

##### **Agregado grueso.**

La muestra de agregado grueso se lava bien, se seca hasta peso constante, a una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$ ) y se separa en las diferentes fracciones indicadas en el numeral 4.2, por tamizado hasta rechazo.

La cantidad requerida de cada una de estas fracciones, se pesa y se coloca, por separado, en los recipientes para ensayo. En el caso de las fracciones con tamaño superior a 19 mm ( $3/4''$ ), se cuenta también el número de partículas.

Cuando son rocas deberán ser rotas en fragmentos uniformes, se pesaran 100 gr, de c/u. La muestra de ensayo pesará 5000 gr.  $\pm 2\%$ . La muestra será bien lavada y secada antes del ensayo.

#### **h.5) Procedimiento de Ensayo**

##### **Inmersión de las muestras en la solución.**

Las muestras se sumergen en la solución de sulfato de sodio o de magnesio, durante un periodo no menor de 16 horas ni mayor de 18 horas, de manera que el nivel de la solución quede por lo menos 13 mm por encima de la muestra. El recipiente se cubre para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas. Las muestras

sumergidas en la solución, se mantienen a una temperatura de  $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$  ( $70 \pm 2^{\circ}\text{F}$ ), durante todo el tiempo de inmersión.

#### **Secado de las muestras, posterior a la inmersión.**

Después de la inmersión se saca de la solución dejándola escurrir durante  $15 \pm 5$  minutos y se la introduce en el horno, cuya temperatura se habrá regulado previamente a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

Se secan las muestras hasta obtener un peso constante a la temperatura indicada. Durante el periodo de secado se sacan las muestras del horno, enfriándolas a la temperatura ambiente, y se pesan a intervalos de tiempo no menores de 4 horas ni mayores de 18 horas.

Se puede considerar que se ha alcanzado un peso constante, cuando dos pesadas sucesivas de una muestra, difieren menos de 0.1 g en el caso del agregado fino, o menos de 1.0 g en el caso del agregado grueso.

Una vez alcanzado el peso constante, se sumergen de nuevo las muestras en la solución.

El proceso de inmersión y secado de las muestras se prosigue, hasta completar el número de ciclos que se especifiquen.

Después de terminado el último ciclo y de que la muestra se haya enfriado, se lava hasta que quede exenta de sulfato de sodio o de magnesio, lo cual se reconoce en las aguas de lavado por la reacción al contacto con Cloruro Bórico ( $\text{BaCl}_2$ )

Después de eliminar todo el sulfato de sodio o de magnesio, cada fracción de la muestra se seca hasta obtener un peso constante, a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ), y se pesa. Se tamiza el agregado fino sobre los mismos tamices en que fue retenido antes del ensayo, y el agregado grueso sobre los tamices indicados a continuación, según el tamaño de las partículas.

#### **i) Ensayo Químicos en Agua (NTP 339.034)**

Los ensayos químicos en agua realizados en el presente trabajo de tesis, han sido elaborados siguiendo las recomendaciones y lineamientos de la NORMA TECNICA DE

EDIFICACIÓN E.060 CONCRETO ARMADO, según procedimiento establecido por el Comité 318 ACI, adaptada por la NTP 339.034.

Lo Portland Cement Association (P. C. A. ) , describe que una agua natural que es bebible y que no tiene un pronunciado sabor u olor, puede ser usado como agua de mezcla para fabricar concretos, sin embargo una agua apropiada para hacer concreto no puede ser necesariamente apta para ser bebida .

El objetivo de los presentes trabajos es verificar mediante procedimientos establecidos, los contenidos de elementos y/o sustancias nocivas para el uso del agua en la elaboración de concretos y procesos de curado.

Los resultados y cuidados en obra, son representación del control de calidad de los materiales componentes que intervienen en la elaboración de concretos, verificándose la efectividad de la mezcla de diseño.

El agua a ser empleada en la preparación del concreto ha sido evaluada a partir de los requisitos de la Norma NTP 339.088, potable.

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

Tabla N° 09: Límites Permisibles para el Agua de Mezcla y Curado

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE</b>
Sólidos en suspensión	5,000 ppm Máximo
Materia Orgánica	3 ppm Máximo
Alcalinidad (NaCHCO3)	1,000 ppm Máximo
Sulfatos ( ión SO4 )	600 ppm Máximo
Cloruros ( ión Cl- )	1,000 ppm Máximo
pH	5 a 8 Máximo

Fuente: Norma NTP 339.088

### **i.1) Identificación de Cloruros**

#### **Materiales**

- Tubo de ensayo grande
- Dos tubos de ensayo pequeños
- Dos goteros
- Probeta de 10 cm<sup>3</sup>

## Insumos

- Nitrato de plata
- Ácido Nítrico 60 %
- Cloruro de sodio, para el ensayo

## Preparación de los reactivos

Nitrato de plata: Disolver 0,17 g de Nitrato en 10 cm<sup>3</sup> de agua destilada.

## Procedimiento

Medir 10 ml de muestra de agua. En un matraz Erlenmeyer añadir 50 ml de agua destilada, agregar 3 a 4 gotas de Cromato de Potasio, medir PH, ajustar si es necesario.

Colocar la solución de nitrato de plata en una bureta, añadir unas gotas en la muestra solución hasta obtener cambio de coloración, si el ión cloruro está presente se formará un precipitado de color rojizo, anotar el consumo.

El cálculo se hará de la siguiente manera:

$$\frac{V_{Ag} \cdot NO_3 \cdot N \cdot f \cdot 1000}{Vol \text{ muestra}} \dots\dots\dots(23)$$

## i.2) Identificación de Sulfatos

### Materiales

- Tubo de ensayo grande
- Espátula
- Vidrio de reloj
- Balanza
- Dos tubos de ensayo pequeños
- Mechero
- Una probeta de 10 cm<sup>3</sup>
- Dos goteros

### Insumos

- Ácido clorhídrico 35%



- Cloruro de Bario
- Sulfato de sodio para el ensayo.

### Preparación de los reactivos

Ácido clorhídrico: Mezclar 5 cm<sup>3</sup> de ácido clorhídrico del 35 % y 25 c.c de agua destilada.

Cloruro de Bario: Disolver 1 g de cloruro de Bario dihidratado en 10 c.c de agua destilada.

### Procedimiento

Poner 4-5 c.c de agua en un tubo de ensayo, añadir tres o cuatro gotas de ácido clorhídrico y calentar, una vez empiece a hervir se añaden unas gotas de cloruro de bario, un precipitado blanco indica presencia de SULFATOS. Anotar el consumo

El cálculo se hará de la siguiente manera:

$$\frac{V_{Ba\ So_4} \cdot N \cdot f \cdot 1000}{Vol\ muestra} \dots\dots\dots (24)$$

## 3.2.4.2 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

### 3.2.4.2.1 SECUENCIA DE DISEÑO (ACI 211)

Los siguientes pasos se consideran fundamentales en el proceso de selección de las proporciones de mezcla para alcanzar las propiedades deseadas en el concreto. Ellos deben efectuarse independientemente del procedimiento de diseño seleccionado.

- 1.- Estudiar cuidadosamente los requisitos indicados en los planos y en las especificaciones de obra.
- 2.- Seleccionar la resistencia promedio requerida para obtener en obra la resistencia de diseño especificada por el proyectista. En esta etapa se deberá tener en cuenta la desviación estándar y el coeficiente de variación de la compañía constructora, así como el grado de control que se ha de ejercer en obra.
- 3.- Seleccionar, en función de las características del elemento estructural y del sistema de colocación del concreto, el tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- 4.- Elegir la consistencia de la mezcla y expresarla en función del asentamiento de la misma. Se tendrá en consideración, entre otros factores la trabajabilidad deseada, las

características de los elementos estructurales y las facilidades de colocación y compactación del concreto.

5.- Determinar el volumen de agua de mezclado por unidad de volumen de concreto, considerando el tamaño máximo nominal del agregado grueso, la consistencia deseada y la presencia de aire, incorporado o atrapado, en la mezcla.

6.- Seleccionar la relación agua/cemento requerida para obtener la resistencia deseada en el elemento estructural. Se tendrá en consideración la resistencia promedio seleccionada y la presencia o ausencia de aire incorporado.

7.- Determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto, en función del volumen unitario de agua y de la relación agua cemento seleccionada.

8.- Determinar las proporciones relativas de los agregados fino y grueso. La selección de la cantidad de cada uno de ellos en la unidad cúbica de concreto está condicionada al procedimiento de diseño seleccionado.

9.- Determinar, empleando el método de diseño seleccionado, las proporciones de la mezcla, considerando que el agregado está en estado seco y que el volumen unitario de agua no ha sido corregido por humedad del agregado.

10.-Corregir dichas proporciones en función del porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregados fino y grueso.

11.-Ajustar las proporciones seleccionadas de acuerdo a los resultados de los ensayos de la mezcla realizados en el laboratorio.

12.-Ajustar las proporciones finales de acuerdo a los resultados de los ensayos realizados bajo condiciones de obra.

#### **3.2.4.2.2 DISEÑO Y DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO:**

El diseño de mezclas tiene como propósito transmitir al concreto en estado fresco y endurecido de ciertas propiedades mínimas requeridas de acuerdo al tipo de obra, a la función que va a desempeñar la estructura y las condiciones climáticas del lugar, todo esto producido con la mayor economía posible, por lo tanto el diseño está relacionado a la forma en que nosotros asumamos las propiedades que consideremos más importantes que debe cumplir y que son obtenidas mediante cambios en las proporciones de los componentes del concreto. Este método de dosificación utiliza estos cambios en las proporciones, de tal manera que podamos comprobar, con qué relación agua/ cemento y con qué módulo de finura obtenemos las mejores propiedades para el concreto, que estos materiales nos puedan brindar

### a) Selección de las proporciones:

Las proporciones estará en concordancia con el Método del ACI para concretos de resistencia media con agregados del rio Huallaga y Parapapura.

### b) Procedimiento de Diseño:

#### 1) Elección del Asentamiento:

Se desea obtener un asentamiento de 3" a 4", que cumpla la consistencia plástica.

#### 2) Determinación del Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado grueso:

Se obtuvo del análisis granulométrico del agregado grueso TMN = 1/2".

#### 3) Estimación del Volumen Unitario de Agua y el Contenido de Aire:

Está comprobado experimentalmente que la cantidad de agua para concreto está en función al Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado grueso y del grado de fluidez que queramos que tenga nuestro concreto medido en términos de su consistencia (Slump).

La selección del volumen unitario de agua se refiere a la determinación de la cantidad de agua que se debe incorporar a la mezcladora, por unidad cubica de concreto, para obtener una consistencia determinada cuando el agregado está en estado seco.

Para la determinación del volumen unitario de agua base, utilizaremos como punto de partida la Tabla N° 10, cuya fuente es: Proportioning Ready Mixed Concrete (Delmar L. Bloem and Stanton Walker)<sup>119</sup>.

Tabla N° 10: Volumen Unitario de Agua

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso (Pulg)	Volumen Unitario de Agua Expresado en Lt/m <sup>3</sup> para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8"	183	213	203	228	232	252
1/2"	183	203	198	218	223	242
3/4"	173	193	188	208	208	228
1"	163	183	178	198	198	218
1 1/2"	158	173	173	188	188	208
2"	148	163	163	178	178	198
3"	138	153	153	168	163	183

Fuente: Rafael Cachay Huamán. Diseño de Mezclas.

<sup>119</sup>Walker, Grupo Concretos Celulares Ltda. Alta Tecnología en Concretos, pág. 06

#### 4) Selección de la relación agua/cemento:

La selección de la relación agua/cemento está en función de la resistencia a compresión a la que pretendemos llegar y de la durabilidad que deseemos adopte nuestro concreto, para esto existen tablas dadas por el comité 211 ACI, y otras instituciones más como el IMCYC, diseñadas con agregados que obedecen a características de otras latitudes. Pero para este caso como nuestro propósito no es obtener un  $f'c$  especificado, sino determinar que resistencias obtenemos haciendo variar la granulometría de nuestro agregado en función de su módulo de finura, se estableció a nuestro criterio las siguientes relaciones agua/cemento teniendo como punto de partida la tabla N° 11.

Las relaciones agua/cemento de mostraremos a continuación, se refiere a la cantidad de agua que interviene en la mezcla cuando el agregado esta en condición saturado superficialmente seco, es decir que no toma ni aporta agua. La relación agua/cemento efectiva se refiere a la cantidad de agua de la mezcla cuando se obtiene en consideración la condición real de humedad del agregado.

Tabla N° 11: Relación agua/cemento por resistencia

$f'cr$ (28 días)	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: Comité 211 del ACI.

Esta tabla es una adaptación confeccionada por el comité 211 del ACI, la resistencia corresponde a resultados de ensayos de probetas cilíndricas estándares de 15 por 30 cm.

Tabla N° 12: Contenido de Aire

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Comité 211 del ACI.

**5) Cálculo de la cantidad de cemento en peso:**

Conocidos el volumen unitario de agua por unidad de volumen de concreto y la relación agua/cemento seleccionada, se puede seleccionar el factor de cemento por unidad cubica de concreto mediante la división del volumen unitario de agua, expresado en litros por metro cúbico, entre la relación agua/cemento, obteniéndose el número de kilos de cemento por unidad cubica de concreto. Estará en función de la relación agua/cemento y la cantidad de agua ya definida:

$$\text{Cemento (Kg)} = \text{Peso del agua (Kg)} / \text{Relación a/c} \dots \dots \dots (25)$$

**6) Estimación del volumen de agregado fino y grueso:**

Para obtener el porcentaje de agregado fino y grueso realizaremos un estudio granulométrico de la mezcla de agregados, Las curvas mezcla que se encuentren en los límites granulométricos superior e inferior, de las cuales una será la curva base o posible mejor combinación y las otras dos restantes como alternativas, a efectos de poder determinar como varían las propiedades del concreto para diferentes proporciones fino/grueso.

Una vez establecidas la cantidad de agua, cemento, aire (pasta de cemento), calculamos por diferencia con la cantidad el volumen de agregado total por metro cúbico de concreto. Con esto determinamos los volúmenes absolutos de agregado fino y grueso y posteriormente dividiéndole entre su peso específico de masa (seco), obtenemos los pesos secos el agregado fino y grueso que intervendrían en la unidad cúbica de concreto.

Como los agregados no están en estado de saturado superficialmente seco, son corregidos por su humedad natural y absorción.

Luego de pesar los materiales y ponerlos dentro de la mezcladora, procedemos al mezclado, cuyo tiempo se establece en la norma que describiremos posteriormente (de acuerdo al tipo de mezcladora), luego del mezclado procedemos hacer el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams y vemos si cumple con las características que deseamos (3" a 4" y un buen aspecto). En caso de no cumplir, entonces volvemos a diseñar la mezcla hasta lograr el deseado.

#### **7) Cantidad de Material por Metro Cúbico:**

Una vez que se logró hallar las condiciones necesarias del diseño de mezcla, se procederá a cuantificar la cantidad de material que se necesita por metro cúbico para un determinado diseño. En nuestro caso hemos obtenido diferentes valores para cada una de las relaciones agua/cemento. Con esto tendremos un estimado de cuanto material necesitamos para lograr un metro cubico de concreto.

Estos valores son hallados tanto en el diseño en seco como el diseño en obra; en nuestro caso, como las propiedades de todos los elementos utilizados se encuentran con valores normales y casi invariables, solo es necesario poner atención al diseño en seco, ya que el diseño en obra puede variar por el procedimiento constructivo que se siga y por el grado de control que en ella e esté tomando en cuenta.

#### **3.2.4.2.3 Ensayos para Mezclas de Concreto.**

Para poder cuantificar la calidad del concreto es necesario desarrollar ensayos tanto en su estado fresco como endurecido, de tal manera que nos permita apreciar los cambios que sufren las propiedades del concreto cuando se modifican las proporciones de los materiales utilizados. Antes de describir el procedimiento de los ensayos que desarrollaremos, presentamos la metodología que se siguió para la toma de muestra del concreto fresco, y la elaboración y curado en el laboratorio de muestras de concreto para ensayos de laboratorio, establecidos por las NTP 334.036 y 339.033 respectivamente.

##### **a) Elaboración y curado en el laboratorio de muestras de concreto para ensayos de laboratorio (NTP 339.033):**

El objeto es establecer un procedimiento para la elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio bajo estricto control de materiales y condiciones de ensayo,

usando concreto compactado por apisonado o vibración como se describe en la presente norma.

#### **a.1) Aparatos:**

Moldes en general. Los moldes para la muestra y los sujetadores de dichos moldes deben ser de acero, hierro forjado o de otro material no absorbente y que no reaccione con el concreto utilizado en los ensayos. Deben estar conforme a las dimensiones y tolerancias especificadas en el método para la cual debe ensayarse.

Moldes cilíndricos reutilizables. Deben estar hechos de un metal de alta resistencia o de otro material rígido no absorbente. El plano transversal del cilindro debe ser perpendicular al eje del cilindro.

La tolerancia en la medida del diámetro exigido debe ser de  $\pm 2.0$  mm. ; y en la altura la tolerancia será de  $\pm 6.0$  mm.

Los moldes de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, como es el que usaremos en nuestro caso deben estar de acuerdo con las especificaciones ASTM – 470.

Varilla compactadora. Debe ser de acero estructural, cilíndrico y el extremo compactador debe ser semiesférica con radio igual al radio de la varilla según el diámetro y longitud, la varilla compactadora puede ser de dos tipos:

- Varilla compactadora larga. De diámetro igual a (5/8”), y aproximadamente (24”) de longitud.
- Varilla compactadora corta. De diámetro igual a (3/8”) y aproximadamente (12”) de longitud.

En este trabajo se utilizó la varilla compactadora larga.

Apisonador. Debe ser de caucho, que pese  $0.57 \pm 0.23$  kg. ( $1.25 \pm 0.5$  lb).

Balanzas. Las balanzas para determinar el peso de las muestras deben tener una precisión de 0.30 %.

#### **a.2) Muestras:**

**a.2.1 Muestras cilíndricas**. Puede ser de varios tamaños, siendo el mínimo de 50.0 mm (2”) de diámetro por 100 mm (4”) de longitud.

Las muestras cilíndricas para los ensayos, exceptuando el flujo plástico bajo carga (creep), deben ser moldeadas con el eje del cilindro vertical y dejándolo en esta posición durante el fraguado.

Tamaño de la muestra de acuerdo con el tamaño del agregado. El diámetro de una muestra cilíndrica o la mínima dimensión de una sección transversal rectangular deben ser por lo menos tres veces mayor que el tamaño máximo del agregado grueso utilizado en la elaboración de la mezcla. Partículas superiores al tamaño máximo deben ser retiradas de la mezcla, durante el moldeo.

Número de muestra. Para cada edad debe elaborarse tres o más muestras los especímenes de ensayo que tienen en cuenta el análisis de una variable, deben ser elaborados a partir de tres bachadas separadas, mezclas en días diferentes. En todas las bachadas debe elaborarse un número igual de especímenes.

Generalmente, los ensayos se hacen a edades de 7 a 28 días para compresión, a edades de 14 y 28 días para flexión

En el presente trabajo de Tesis se tomó as los 7, 14 y 28 días

### **a.3) Recomendaciones tomadas en cuenta para la preparación de los materiales:**

**a.3.1 Temperatura.** Los materiales deben estar a una temperatura uniforme preferiblemente entre 20 a 25 °C antes de ser mezclados.

**a.3.2 Cemento.** El cemento debe almacenarse en recipientes impermeables (preferiblemente metálicos) y colocados en un lugar seco. Debe ser mezclado previamente para conseguir su uniformidad durante el ensayo, ser pasado por el tamiz (Nº 20), para retirar cualquier grumo y ser mezclado de nuevo.

**a.3.3 Agregados.** Para evitar la segregación del agregado grueso, sepárese en fracciones de tamaño individual y recombínese luego, para cada bachada, con las proporciones necesarias para producir la gradación deseada. Cuando una fracción de tamaño está presente en cantidad superior al 10%, el cociente entre el tamaño del tamiz superior y el del inferior no debe exceder de 2.0%. Se aconseja aún más cercano de tamaño.



Aunque el agregado fino se separe en fracciones de tamaño individual manténgase en condición húmeda o devuélvase a su condición húmeda hasta que sea usado para prevenir la segregación.

Antes de incorporarse en el concreto, el agregado debe prepararse a una condición definida y uniforme de humedad.

**a.4) Determínese el peso del agregado que va a ser usado en la bachada por uno de los siguientes procedimientos:**

1.- Los agregados de baja absorción (absorción inferior al 1.0%) pueden ser pesados en un ambiente seco, teniendo en cuenta la cantidad de agua que será absorbida por el cemento.

Este procedimiento es particular útil para el agregado grueso, el cual debe ser reducido a fracciones de tamaños individuales, por peligro de segregación, este procedimiento puede ser usado en agregados finos únicamente cuando tal agregado se separa por tamaños individuales.

2.- Las fracciones de tamaños individuales pueden ser pesadas separadamente, recombinadas en un recipiente tarado en las cantidades requeridas para la bachada y sumergidas por 24 horas antes de su uso.

Después de la inmersión se deja decantar el exceso de agua y se determina el peso del agregado combinado junto con el agua de mezcla. Debe tenerse en cuenta el agua absorbida por el agregado.

3.- El agregado puede llevarse hasta y mantenerse en una condición saturada, con una humedad superficial suficiente para evitar pérdidas por secado, al menos 24 horas antes de su uso.

Cuando se utiliza este método, la humedad del agregado debe ser determinada para poder calcular las cantidades de agregado saturado que se va a utilizar. La humedad superficial debe considerarse como una parte del agua de mezcla. Este método descrito, es particularmente útil para agregados finos. Es menos usado para agregados gruesos, debido a la dificultad para encontrar con precisión la humedad, pero cuando

es usado, cada fracción de tamaño individual debe manejarse separadamente para asegurar la obtención de una gradación apropiada.

4.- Los agregados finos y gruesos pueden ser llevados hasta y mantenerlos en una condición saturada, superficialmente seca, hasta que sean pesados para su uso.

Este método se usa principalmente para preparar material para bachadas que no excedan de  $0.007 \text{ m}^3$  ( $1/4 \text{ pie}^3$ ) en volumen. Debe tenerse mucho cuidado en evitar el secado durante su pesaje y uso.

Recomendaciones tomadas en cuenta para el procedimiento de mezclado:

- Mezcla de concreto. La mezcla de concreto debe ser tal que deje un 10% de residuo después de haber moldeado la muestra de ensayo.
- Mezcla con máquina. Antes que empiece la rotación de la mezcladora se debe introducir el agregado grueso con algo de agua que se use en la mezcla y la solución del aditivo. Se pone en funcionamiento la mezcladora, al cabo de unas cuantas revoluciones se adiciona el agregado fino, el cemento, microsílíce y el agua.
- Seguidamente se debe mezclar el concreto durante tres minutos a partir del momento en que todos los ingredientes estén en la mezcladora. Se apaga la mezcladora durante tres minutos y se pone en funcionamiento durante dos minutos de agitación final.
- Se debe cubrir el extremo abierto de la mezcladora para evitar la evaporación durante la mezcla.
- Debe restituirse todo mortero que se pierda por adhesión a la mezcladora para conservar las proporciones
- El concreto se debe recibir en un recipiente limpio y seco para agitarlo con un badilejo o pala hasta hacerlo uniforme al concreto y evitar la segregación.

#### **a.5) Vaciado del Concreto:**

Lugar del moldeo. Se deben moldear las muestras lo más cerca posible del lugar donde se van a guardar para su fraguado en las siguientes 24 horas. Los moldes se llevaran al depósito inmediatamente después de su elaboración. Colóquese los moldes sobre

una superficie rígida y libre de vibraciones, evitando inclinaciones y movimientos bruscos. Transpórtese evitando sacudidas, golpes, inclinaciones o raspaduras de la superficie.

El concreto se debe colocar en los moldes utilizando un badilejo o herramienta similar. Se debe seleccionar el concreto de tal manera que la muestra sea representativa de la mezcla, además, se debe mezclar continuamente la mezcla del concreto durante el llenado del molde con el objetivo de prevenir la segregación.

En la colocación de la capa final se debe intentar colocar una capa de concreto que complete exactamente el relleno del molde.

El número de capas para nuestro caso, que utilizamos muestras cilíndricas de 300 mm. Es de tres, y de 100 mm cada una, y el método de compactación será el de apisonado.

Compactación. Los métodos de compactación son: apisonado (por varillado) y vibración (externa e interna). Si el concreto tiene un asentamiento mayor de 3" debe usarse el método de apisonado o el de vibración, prefiriéndose el método usado en la ejecución de obra. Si el asentamiento es inferior a 1", debe usarse el método de vibración. No se debe usar vibración interna para cilindros con diámetro inferior a 100 mm.

Apisonado por varillado. Se coloca el concreto en el molde con el número de capas requeridas, que para nuestro caso son tres, aproximadamente del mismo volumen.

Se apisona cada capa con la parte redonda de la varilla, con 25 golpes cada capa, la capa inicial se apisona introduciendo la varilla hasta el fondo del molde. La distribución de golpes para cada capa debe ser uniforme sobre toda la sección transversal del molde.

Para cada capa superior a la inicial se debe atravesar aproximadamente en 12 mm (1/2") la capa anterior. En caso de dejar algunos huecos por la varilla se debe golpear ligeramente con el martillo de goma los lados del molde para cerrar dichos huecos.

Después de la compactación, se debe efectuar el acabado con las manipulaciones mínimas, de tal manera que la superficie quede plana y pareja al nivel del borde del cilindro o lado del molde, y no debe tener depresiones o protuberancias mayores de 3.2 mm (1/8").

Acabo en cilindro. Después de la compactación, se debe efectuar el acabado de la superficie por medio de golpes con la varilla apisonadora cuando la consistencia del concreto lo permita y con un badilejo o llana de madera. Si se desea, puede colocarse una capa de pasta de cemento sobre el espécimen a manera de frenado (capping). De acuerdo a la NTP 339.037.

#### **a.6) Curado:**

Cubrimiento después del acabado. Para evitar la evaporación de agua del concreto sin endurecer, los testigos deben ser cubiertos inmediatamente después del acabado, preferiblemente con una platina no reactiva con el concreto, o con una lámina de plástico dura e impermeable. Se permite el uso de lona húmeda para el cubrimiento de la muestra, pero se evitará el contacto directo de la muestra con la lona, la cual debe permanecer húmeda durante las 24 horas contadas a partir del acabado de la muestra.

#### Extracción de la muestra:

Las muestras deben ser removidas de sus moldes en un tiempo no menor de 20 horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración cuando no se emplean aditivos; en caso contrario se podrá emplear tiempos diferentes.

#### Ambiente de curado:

Se deben mantener las muestras en condiciones de humedad con temperatura de  $23.0 \pm 2.0$  C°, desde el momento del moldeo hasta el momento de ensayo. El almacenamiento durante las primeras 48 horas de curado debe hacerse en un medio libre de vibraciones.

Las condiciones de humedad deben lograrse por inmersión de la muestra sin el molde en agua.

Se permite lograr la condición de humedad por almacenamiento en cuarto húmedo. No se debe exponer los especímenes a condiciones de goteo o corrientes de agua. Deben evitarse que se sequen las paredes de la muestra luego del periodo de curado.

Nota: cómo podemos apreciar la determinación del  $f'c$ , implica realizar los ensayos bajo condiciones controladas que están definidas en las normas que acabamos de mencionar. Muchas veces existen tergiversaciones con respecto a estas condiciones controladas, por el desconocimiento de la base estadística de estos conceptos

suponiéndose en ocasiones que el muestreo y la obtención de probetas con los métodos estandarizados, el curado a 100% de humedad y 21°C de temperatura constantes que fijan las normas, y el ensayo a cierta velocidad de carga con la preparación previa de las superficies de los testigos, tienden a “favorecer” los resultados pues no reflejan la “realidad”, de la obra, dándose ciertos casos en que se sigue el apartarse de estos procedimientos estandarizados en la idea de que “son mas representativos” del concreto in-situ.

Nada más alejado de lo correcto, pues si no se obtienen, curan y ensayan los testigos como se ha indicado, no tendrían significado probabilístico, ya que al no responder a una metodología científica carecería de validez estadística y lo único que se lograría es causar confusión y distorsión en la evaluación de estos parámetros.

**b) Peso Unitario, Rendimiento y Contenido de Aire del Concreto (NTP 339.046).**

El peso unitario se refiere al peso que tiene el concreto en un determinado volumen, puede también entenderse como el porcentaje de un determinado volumen del concreto que es material sólido.

La presente norma establece un procedimiento para determinar el peso del concreto fresco por m<sup>3</sup>, el volumen de concreto producido con una mezcla de cantidades conocida de los materiales componente, el rendimiento, osea el volumen de concreto por unidad de volumen de cemento, el factor real de cemento y el contenido de aire del concreto gravimétricamente.

Aparatos:

- Balanza con sensibilidad de 50 gr.
- Barra compactadora, recta de acero, lisa de 16 mm de diámetro, de aproximadamente de 60 cm de longitud y punta semiesférica.
- Recipiente, cilindro de metal a prueba de agua, preferiblemente con asa, maquinado interiormente o preparado mediante el rolado de planchas. El recipiente deberá ser reforzado alrededor de la parte superior con un aro de acero de 38 mm de ancho.
- Según el tamaño máximo nominal del agregado grueso, los recipientes requeridos tendrán capacidades de 14 dm<sup>3</sup> (1/2 pie<sup>3</sup>), 28 dm<sup>3</sup> (1 pie<sup>3</sup>) y estarán de acuerdo con lo indicado en la tabla N° 13

Tabla N° 13: Requisitos dimensionales para las Medidas cilíndricas

Capacidad P <sup>3</sup>	Dm <sup>3</sup>	Tamaño máximo nominal del agregado grueso
1/2	14	Hasta 2" inclusive
1	28	Mayor de 2"

Fuente: Tesis de José Luis Gonzales García

Calibración del recipiente:

El recipiente se calibra determinando con precisión, el peso de agua a 21°C que se requiere para llenarlo (nota: el factor para cualquier recipiente se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 21°C tomando como 1000 kg/m<sup>3</sup> entre el peso del agua a la misma temperatura de 21°C que se requiere para llenar el recipiente).

Se puede obtener un llenado preciso del recipiente mediante el uso de una lámina de vidrio.

Llenado y compactación del recipiente:

El recipiente se llena hasta un tercio de su capacidad y la masa del concreto se compacta con 25 golpes cuando se use un recipiente de (1/2 pie<sup>3</sup>) y 50 golpes para un recipiente de (1 pie<sup>3</sup>), de la misma manera se llenan las dos capas restantes, cuidando que la última se llene con un ligero exceso.

Al compactar la primera capa, la barra no debe golpear el fondo del recipiente. Al compactar la segunda y tercera capa se aplica la fuerza necesaria para hacer que la barra penetre ligeramente en la superficie de la capa anterior. Los golpes de la compactación se distribuyen uniformemente sobre la sección.

Alisado, limpiado y pesado:

La superficie superior se alisa y termina con una placa de cubierta plana, teniendo mucho cuidado de dejar el recipiente lleno justo hasta su nivel superior. El material adherido en las paredes externas se limpia y luego el recipiente lleno se pesa con aproximación de 50 gr.

Resultados:

Peso por metro cúbico: se calcula el peso neto del concreto restando del peso bruto, el peso del recipiente, se calcula por metro cúbico, multiplicando el peso neto por el factor del recipiente usado.

Volumen: se calcula el volumen del concreto fresco producido en cada mezcla de la siguiente manera:

$$V_H = ((N * P_C) + P_{AF} + P_{AG} + P_A) / (P_U) \dots \dots \dots (26)$$

Donde:

$V_H$  = volumen de concreto fresco producido por mezcla en  $m^3$

$N$  = Número de bolsas de cemento por mezcla

$P_C$  = Peso neto de una bolsa de cemento en kg.

$P_{AF}$  = Peso total del agregado fino de la mezcla en la condición en que se usa en kg.

$P_{AG}$  = Peso total del agua de mezclado añadido a la mezcla en kg.

$P_U$  = Peso unitario del concreto fresco en kg por  $m^3$ .

Rendimiento:

Se calcula como sigue:

$$Y = V_H / N \dots \dots \dots (27)$$

Donde:

$Y$  = Rendimiento del concreto fresco por bolsa de cemento en  $m^3$

Rendimiento relativo:

El rendimiento relativo es la relación entre el volumen real de concreto obtenido y el volumen de diseño de mezcla. Se calcula como sigue:

$$Y_r = V_H / V_D \dots \dots \dots (28)$$

Donde:

$Y_r$  = Rendimiento relativo.

$V_D$  = volumen de diseño de mezcla de concreto en  $m^3$ .

Factor de cemento:

Se calcula como sigue:

$$N_M = 1/Y \quad \text{ó} \quad N_M = N/V_H \dots \dots \dots (29)$$

Donde:

$N_M$  = N° de bolsas de cemento por  $m^3$  de concreto.

Contenido de aire:

Se calcula como sigue:

$$A = ((P_{UN} - P_U) / (P_{UN})) * 100 \dots \dots \dots (30)$$

$$A = ((V_H - V_T) / (V_H)) * 1000 \dots \dots \dots (31)$$

Donde:

$A$  = Contenido total de aire (% de vacíos) en el concreto fresco.

$P_{UN}$  = Peso unitario nominal del concreto fresco en  $kg/cm^3$  calculado como si tuviera aire.

$V_T$  = Suma de los volúmenes absolutos de cada componente de la mezcla en  $m^3$ .

El peso unitario nominal por m<sup>3</sup>, es una determinación de laboratorio, cuyo valor se supone que permanece constante para todas las mezclas que se hacen, usando componentes y proporciones idénticas. Se calcula de la siguiente manera:

$$P_{UN} = (W_i) / (V_T) \dots\dots\dots (32)$$

Donde:

W<sub>i</sub> = Peso total de los ingredientes componentes de la mezcla

El volumen absoluto de cada ingrediente es igual al peso de dicho ingrediente dividido entre el producto de su peso específico multiplicado por la densidad del agua.

Para el cemento se puede usar el valor de 3.15 salvo que se determine el peso específico real por medio del método de ensayo para determinar el peso específico del cemento hidráulico de acuerdo a la norma INTINTEC correspondiente.

**c) Medición o Estimación de la Consistencia (NTP 339.035):**

Esta norma establece la determinación del asentamiento del concreto fresco tanto en el laboratorio como en el campo.

Este método se aplica para concretos plásticos con agregados hasta 1½” (37.5 mm.), si el agregado es mayor, el método es aplicable cuando el ensayo se realiza con la fracción del concreto que pasa la malla de 1½”, removiendo los agregados mayores de acuerdo con la sección titulada.

Aparatos:

- Molde. El molde está constituido de un metal no atacable por la pasta de cemento, con un espesor mínimo de 1.5 mm. Y su forma es la de un tronco de cono abierto a sus extremos. Las dos bases son paralelas entre sí: de 20 cm. de diámetro en la base inferior y 10 cm. de diámetro en la base superior formando un ángulo recto con el eje del cono. La altura del cono es de 30 cm. y será provisto de agarraderas de aleta de pie.
  
- Barra compactadora. Una barra de acero lisa de 16 mm. (5/8”) de diámetro, de aproximadamente 60 cm. y terminado en punta semiesférica.

La forma más usada y práctica de evaluar la consistencia se realiza de la siguiente manera:



Procedimiento:

Mediante el cono de Abrams. El cual consiste en llenar un recipiente troncocónico en tres capas de igual volumen, cada capa será chuseada con 25 golpes en forma concéntrica de afuera hacia dentro, mediante la varilla lisa. En la capa inferior es necesario inclinar un poco la barra y dar la mitad de los golpes cerca del perímetro, acercándose progresivamente en espiral hacia el centro de la sección. La capa inferior se compacta en todo su espesor. Las capas siguientes se compactan de igual modo procurando que la barra penetre ligeramente en la inmediata inferior.

El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Si después de compactar hubiese una deficiencia de material, se añadirá la cantidad necesaria para mantener un exceso por encima del molde. Luego se procederá a enrasar utilizando una plancha de albañilería o la barra compactadora.

Una vez terminada la operación anterior, se levanta el molde cuidadosamente en dirección vertical. Inmediatamente después se mide el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono deformado. Esta operación se hará aproximadamente en 5 a 10 segundos evitándose los movimientos laterales o torsionales. La operación completa desde el principio de llenado hasta la remoción del molde se hará sin interrupción y en un tiempo no mayor de 2.5 minutos.

En caso de que se presente una falla por corte, donde hay una separación de una parte de masa, este ensayo será desechado y debe realizarse uno nuevo con otra parte de la muestra. Si esto ocurre dos veces consecutivas es una mezcla de concreto presumiblemente esta carece de plasticidad y cohesión necesaria para la validez de éste ensayo.

Expresión de Resultados:

La consistencia del concreto se establece por el asentamiento el que está determinado por la diferencia entre la altura del molde y la altura del cono deformado, medida en el eje y expresada en centímetros o en pulgadas.

Luego levantamos el cono y procederemos a medir el asentamiento que ha experimentado el concreto con respecto a la altura del cono.

### **3.2.4.3 INSTRUMENTOS BIBLIOGRÁFICOS.**

#### **3.2.4.3.1 De lo relacionado a Normas de Concreto**

Se hizo uso de los libros y revistas que traten del tema en forma generales y también de aquellos textos y revistas que tocan el tema en forma puntual, rigiéndose a las Normas establecidas.

Las Normas utilizados para el desarrollo de los ensayos son:

- Análisis por tamices para la determinación de la granulometría de los agregados fino y grueso, de acuerdo a ASTM C 136 o NTP 400.012.
- Material más fino que la malla N° 200 en el agregado determinado por lavado, de acuerdo a ASTM C 117.
- Impurezas orgánicas en el agregado fino, de acuerdo a ASTM C 40 o NTP 400.013.
- Peso unitario y vacíos en el agregado, de acuerdo a ASTM C29 o C 29 M; NTP 400.017.
- Peso específico y absorción en el agregado grueso de acuerdo a ASTM C 127 o NTP 400.021.
- Peso específico y absorción del agregado fino de acuerdo a ASTM C 128 o NTP 400.022.
- Terminología relacionada con los agregados, de acuerdo a ASTM C 125.
- Especificación para tamices a ser empleados en ensayos, de acuerdo a ASTM D 2419.
- Requisitos de los agregados NTP 400.037.
- Toma de muestras de agregado NTP 400.010.
- Agua para concreto-Requisitos NTP 339.088.
- Método de ensayo para mediciones del asentamiento del concreto fresco con el cono de abrams.
- Muestras de concreto a ser utilizadas en la preparación de probetas cilíndricas para el ensayo a compresión ITINTEC 339.036 ITINTEC 339.033.
- Método de ensayo para la elaboración, curado y rotura de probetas cilíndricas de concreto, ASTM C 192 – ITINTEC 339.034.

### 3.2.4.3.2 De lo Relacionado a las Técnicas Estadísticas.

#### a) Diseño Experimental

El **diseño experimental** es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental.

En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés. El diseño experimental prescribe una serie de pautas relativas qué variables hay que manipular, de qué manera, cuántas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para poder establecer con un grado de confianza predefinido la necesidad de una presunta relación de causa-efecto.

El diseño experimental encuentra aplicaciones en la industria, la agricultura, la mercadotecnia, la medicina, la ecología, las ciencias de la conducta, etc. constituyendo una fase esencial en el desarrollo de un estudio experimental

Es una prueba o un conjunto de pruebas durante el cual se realizan cambios sistemáticos y controlados a las variables de entrada para medir el efecto sobre la variable de salida óptima.

#### b) Principios básicos del diseño de experimentos

(1) Repetición. Viene a ser la reproducción o réplica del experimento básico (asignación de un tratamiento a una unidad experimental). Las principales razones por las cuales es deseable la repetición son: primero por que proporciona una estimación del error experimental, siendo tal estimación confiable a medida que aumenta el número de repeticiones, y segundo permite estimaciones más precisas del tratamiento en estudio.

(2) Aleatorización. Asignación al azar de tratamiento a las unidades experimentales. Una suposición frecuente en los modelos estadísticos de un diseño de experimentos es que: las observaciones o los errores están distribuidos independientemente, la aleatorización hace válida esta suposición.

(3) Control Local. Cantidad de balanceo, bloqueo y agrupamiento de las unidades experimentales que se emplean en el diseño estadístico de un experimento

### **c) Conceptos básicos**

(1) Experimento. Prueba o series de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso (los factores que se estudian) o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida.

(2) Unidad experimental. Unidad a la cual se le aplica un sólo tratamiento (que puede ser una combinación de muchos factores) en una reproducción del experimento.

(3) Error experimental. Describe la situación de no llegar a resultados idénticos con dos unidades experimentales tratadas de igual forma y refleja: (a) errores de experimentación, (b) errores de observación, (c) errores de medición, (d) variación del material experimental (esto es, entre unidades experimentales), (e) efectos combinados de factores extraños que pudieran incluir las características en estudio, pero respecto a los cuales no se ha llamado la atención en la investigación.

(4) Agrupamiento. Colocación de un conjunto de unidades experimentales homogéneas en grupos, de modo que los diferentes grupos puedan sujetarse a distintos tratamientos.

(5) Bloqueo. Distribución de las unidades experimentales en bloques, de manera que las unidades dentro de un bloque sean relativamente homogéneas, de esta manera, la mayor parte de la variación predecible entre las unidades queda confundida con el efecto de los bloques.

(6) Balanceo. Obtención de las unidades experimentales, el agrupamiento, el bloqueo y la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales de manera que resulte una configuración balanceada.

(7) Tratamiento o combinación de tratamientos. Conjunto particular de condiciones experimentales que deben imponerse a una unidad experimental dentro de los condiciones del diseño seleccionado.

(8) Factor. Una variable independiente que tiene influencia sobre la respuesta de salida. Generalmente, se trabaja con más de una variable independiente y con los cambios que ocurren en la variable dependiente, cuando ocurren variaciones en una o más variables independientes.

(9) Confusión. Cuando los efectos de dos o más factores no se pueden separar.

### **3.2.4.3.3 INSTRUMENTOS DE LABORATORIO.**

Todos aquellos los que permitan realizar los estudios para la obtención de un concreto de alta resistencia (Ensayos de materiales)

Los equipos utilizados en el laboratorio para los ensayos son:

- Juego de tamices.
- Tamizador eléctrico.
- Maquina Mezcladora de concreto 4.5 pie<sup>3</sup>.
- Molde de compactación y varilla.
- Cono de abrams.
- Prensa eléctrica.
- Balanzas.
- Estufa.
- Equipo para el capeo de probetas.
- Probetas y fiolas.

### **3.2.5 PROCESAMIENTO DE INFORMACION**

#### **3.2.5.1 Ensayos Preliminares.**

Antes de realizar el diseño de mezclas se procedió a realizar los ensayos preliminares (*ver anexo N° 01*) a los agregados (fino y grueso) con la finalidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas de estos materiales a fin de determinar si cumplen con las especificaciones técnicas de las Normas Peruanas y de la ASTM.

#### **3.2.5.1.1 Características Físicas del Agregado Fino.**

En la evaluación del agregado fino los procesos de ensayo se realizaron de acuerdo a las normas técnicas mencionadas en el Marco Teórico, lográndose obtener los resultados que se muestran en el cuadro N° 01, a ello debo adicionar que los resultados que se muestran es un promedio aritmético de tres muestras analizadas:

- Diámetro máximo nominal : 4.76
- Módulo de finura : 2.70
- Peso específico seco (gr/cc) : 2.61

- Absorción (%) : 0.58
- Humedad (%) : 4.00
- Peso unitario suelto (Kg/m<sup>3</sup>) : 1568.67
- Peso unitario compactado (Kg/m<sup>3</sup>) : 1632.67
- Contenido de Finos (%) : 5.54

De todo esto sus detalles de análisis de laboratorio se encuentran consolidados en los anexos N° 01.01, N° 01.02.

### **3.2.5.1.2 Características Físicas del Agregado Grueso.**

De la misma manera se evaluó las características mediante ensayos del agregado grueso en los diferentes tamaños nominales (1/2", 3/8") de donde se obtuvo los resultados que se muestran en el cuadro N° 02 y N° 03 de los cuales los resultados que se muestran es un promedio aritmético de tres muestras analizadas.

Cuando se analizó tomando como base el tamaño máximo nominal de 3/8" de obtuvieron los siguientes resultados:

- Diámetro máximo nominal : 3/8"
- Módulo de finura : 0.00
- Peso específico seco (gr/cc) : 2.61
- Absorción (%) : 0.71
- Humedad (%) : 0.00
- Peso unitario suelto (Kg/m<sup>3</sup>) : 1292.33
- Peso unitario compactado (Kg/m<sup>3</sup>) : 1392.00

De la misma manera cuando se analizó tomando como base el tamaño máximo nominal de 1/2" de obtuvieron los siguientes resultados:

- Diámetro máximo nominal : 1/2"
- Módulo de finura : 0.00
- Peso específico seco (gr/cc) : 2.64
- Absorción (%) : 0.46
- Humedad (%) : 0.00
- Peso unitario suelto (Kg/m<sup>3</sup>) : 1454.33
- Peso unitario compactado (Kg/m<sup>3</sup>) : 1528.67

Estos resultados se lograron obtener a través de la combinaciones de los agregados tomadas como muestras, ya que estos por si solos no estaban dentro del huso granulométrico, por lo que se vio necesario realizar las combinaciones a fin de obtener un agregado óptimo para el diseño de mezclas en cada uno de los tamaños máximos. Estas combinaciones se realizaron de acuerdo al cuadro N° 04, donde se detalla que para obtener un agregado que cumpla con las condiciones que establece las normas que lo rigen se tuvo que combinar en un porcentaje de 17% de agregado de tamaño máximo nominal de 1/2" y un 38% de agregado de tamaño máximo nominal de 3/8", de los que se detallan líneas abajo los resultados finales:

- Diámetro máximo nominal : 1/2"
- Módulo de finura : 0.00
- Peso específico seco (gr/cc) : 2.62
- Absorción (%) : 0.66
- Humedad (%) : 0.00
- Peso unitario suelto (Kg/m<sup>3</sup>) : 1319.87
- Peso unitario compactado (Kg/m<sup>3</sup>) : 1415.23

Debo adicionar que todos los detalles de análisis de laboratorio que se hacen mención líneas arriba se encuentran consolidados en los anexos N° 01.03.01, N° 01.03.02, N° 01.03.03 , N° 01.04.01, N° 01.04.02 y N° 01.04.03.

### **3.2.5.1.3 Presencia de Partículas Chatas y Alargadas.**

Asimismo se evaluó la presencia de agentes en el agregado grueso que puedan intervenir negativamente en la resistencia final del concreto; los resultados se muestran en el cuadro N° 05; los resultados finales de muestran líneas abajo:

- Chatas y Alargadas (%): 0.77

Cabe hacer mención que el resultado que se muestra el promedio aritmético de tres muestras analizadas y cuyo consolidado de los análisis de laboratorio de pueden visualizar en los anexos N° 01.05.

#### **3.2.5.1.4 Presencia de Partículas Desmenuzables.**

Se realizó el análisis de presencia de terrones de arcilla y partículas desmenuzables que pueda existir en el agregado grueso, cuyos resultados se pueden visualizar en el cuadro N° 06, el mismo que después de ser procesado se obtuvo un resultado final de: Terrones de Arcilla y Deleznables (%): 0.27. Cabe hacer mención que el resultado que se muestra el promedio aritmético de tres muestras analizadas y cuyo consolidado de los análisis de laboratorio de pueden visualizar en los anexos N° 01.06.

#### **3.2.5.1.5 Análisis Químico**

De la misma manera con el ímpetu de lograr la meta se analizó los agentes químicos que puedan intervenir denegadamente en la obtención del objetivo, cuyos resultados se pueden verificar en los cuadros N° 07, N° 08 y N° 09, cuyos cálculos finales de pueden visualizar líneas abajo:

- Contenido de p.p.m en Agregado fino.
  - ❖ Sales : 20
  - ❖ Sulfatos : 6.18
  - ❖ Cloruros : 8.96
- Contenido de p.p.m en Agregado Grueso.
  - ❖ Sales : 22
  - ❖ Sulfatos : 7.42
  - ❖ Cloruros : 10.48
- Contenido de p.p.m en Agua.
  - ❖ Sales : 53.1
  - ❖ Sulfatos : 14.3
  - ❖ Cloruros : 16.2

De la misma manera el resultado consolidado de los análisis de laboratorio de pueden visualizar en los anexos N° 01.07.

#### **3.2.5.2 Diseño del Concreto Patrón.**

Para este diseño se tomó como referencia de inicio la relación agua/cemento de la tabla N° 11, y después de varias tandas de prueba se ha ido ajustando esta relación



buscando obtener un diseño óptimo preparándose diseños tentativos 1, 2 y por ultimo lograr una relación de agua/cemento de diseño final. Para la presente investigación la relación a/c utilizada para el diseño final de concreto patrón fue de 0.38 y las proporciones de agregados fueron de 40% de agregado fino y 60% de agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1/2".

Se utilizó el método del ACI para el diseño de mezcla de concreto patrón final y cuya secuencia es la que se detalla líneas abajo:

**1.- Materiales:**

a. Cemento:

- Pacasmayo Tipo I
- Peso específico .....3.11

b. Agua:

- Potable, de la red de servicio pública de Tarapoto.

c. Agregado Fino:

- Peso específico de masa.....2.61 gr/cc
- Absorción.....0.58 %
- Contenido de humedad.....4.00 %
- Módulo de fineza.....2.70
- Peso Unitario Suelto.....1568.67(Kg/m3)
- Peso Unitario Compactado.....1632.67(Kg/m3)
- Porcentaje de agregado.....40%

d. Agregado Grueso:

- Tamaño máximo nominal.....1/2"
- Peso Unitario compactado.....1415.23 Kg/m<sup>3</sup>
- Peso Unitario Suelto.....1319.87 Kg/m<sup>3</sup>
- Peso específico de masa.....2.62 gr/cc
- Absorción.....0.66 %
- Porcentaje de agregado.....60 %

**2.- Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado**

De acuerdo a las especificaciones, a la granulometría del agregado grueso, le corresponde un tamaño máximo nominal de 1/2".

### 3.- Selección del Asentamiento

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones de colocación, requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica, correspondiente a un asentamiento de 3" a 4".

### 4.- Volumen Unitario del Agua

El volumen unitario de agua necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de 3" a 4", en una mezcla sin aire incorporado cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1/2", es de 216 lt/m<sup>3</sup>, pero como estamos diseñando un concreto de alta resistencia se hicieron ajustes en el volumen unitario de agua al comprobar que la consistencia de la mezcla resultaba muy seca llegando a un volumen unitario de agua de 280 lt/m<sup>3</sup>.

### 5.- Contenido de Aire

Desde que la estructura a ser vaciada no va a estar expuesta a condiciones de intemperismo severo, no se considera necesario incorporar aire a la mezcla.

De la Tabla N° 09 se determina que el contenido de aire atrapado para un agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1/2" es de 2,5%.

### 6.- Relación agua/cemento

No presentándose en este caso problemas de intemperismo que pudieran dañar al concreto, se seleccionó la relación agua/cemento por resistencia a partir de la tabla N° 08 del ACI, después de tandas de prueba se ajustó finalmente en 0.38.

### 7.- Factor Cemento

El factor cemento se determina dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua/cemento:

$$\text{Factor cemento} = 280/0.38 = 744.0 \text{ Kg/m}^3 = 17.5 \text{ bolsas/m}^3$$

### 8.- Volumen de la Pasta

- Cemento..... $744.0/3.11*1000 = 0.239 \text{ m}^3$
- Agua ..... $280.0/1*1000 = 0.280 \text{ m}^3$
- Aire..... $2.5\% = 0.025 \text{ m}^3$

$$\text{Suma de volúmenes conocidos} = 0.544 \text{ m}^3$$

### 9.- Volumen de los Agregados

Ahora por diferencia determinamos el volumen de los agregados es decir el volumen del concreto es igual volumen de la pasta más volumen de los agregados

$$1 - 0.544 \text{ m}^3 = 0.456 \text{ m}^3$$

- Arena ..... $0.456 \text{ m}^3 * 0.40 = 0.182 \text{ m}^3$

- Piedra.....  $0.456 \text{ m}^3 - 0.182 = 0.274 \text{ m}^3$

**10.- Peso Seco de los Agregados**

- Arena .....  $0.182 \text{ m}^3 / 2.61 \text{ gr/cm}^3 * 1000 = 475.0 \text{ kg/m}^3$
- Piedra.....  $0.274 \text{ m}^3 * 2.62 \text{ gr/cm}^3 * 1000 = 717.0 \text{ kg/m}^3$

**11.- Humedad Superficial de los Agregados (Humedad-Absorción)**

- Arena.....  $4.00 - 0.58 = 3.42 \text{ Lt.}$
- Piedra.....  $0.00 - 0.66 = -0.66 \text{ Lt.}$

**12.- Aporte de Humedades de los Agregados**

- Arena.....  $475.0 \text{ kg/m}^3 * (3.42)\text{Lt} / 100 = 16.20 \text{ Lt.}$
- Piedra.....  $717.0 \text{ kg/m}^3 * (-0.66)\text{Lt} / 100 = - 4.70 \text{ Lt.}$
- Aporte de Humedad Total =  $-11.50 \text{ Lt.}$

**13.- Agua Efectiva**

- Agua efectiva = Agua de diseño + Aporte de humedad
- Agua efectiva =  $280.0 \text{ Lt.} + (-11.50) \text{ Lt.} = 269.0 \text{ Lt.}$

## **IV. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS**

### **4.1. ANALISIS**

#### **5.1.1 Generalidades**

Al finalizar el presente trabajo la información obtenida a partir de los resultados de ensayos y diseños de mezcla elaborados durante la etapa de investigación, resumiendo finalmente los aspectos más relevantes del proceso de la presente tesis.

Los materiales usados para la presente investigación fueron:

- Agregado fino triturado procedente de la Cantera del rio Huallaga que cumple con las características establecidas por Rivva López (2012, p. 33).
- Agregado grueso chancado procedente de la Cantera rio Parapapura que cumple con las características establecidas por Rivva López (2012, p. 34).
- Cemento Pacasmayo tipo I.
- Todo lo relacionado al manejo de ensayos de agregados, se hicieron bajo las Normas Peruanas e Internacionales.

En cuanto a la resistencia del concreto obtenida, se indica; que no hay un trabajo que haya permitido compararlo, por falta de investigación referente al tema, teniendo como punto de partida la presente investigación, para trabajos similares que puedan realizarse en el futuro; sin embargo resulta necesario manifestar que en los últimos tiempos se ha despertado el interés en este tema y está siendo motivo de investigación e incrementándose progresivamente.

#### **5.1.2 Ensayos Preliminares:**

Se determinaron las propiedades físicas de los agregados fino y grueso. Los porcentajes de arena y piedra al usar el agregado combinado se determinaron por el ensayo de máxima compactación; es decir que la mezcla sea trabajable, quedando en una proporción de 40% y 60% respectivamente.

Se optó por la utilización del Agregado Grueso de tamaño máximo nominal de  $\frac{1}{2}$ ", dado que este permite que se tenga mayor área superficial de los agregados individuales, que tenga una forma troncocónica, y por ende se incrementa la resistencia debido a la

reducción en el esfuerzo de adherencia promedio; y de esa manera nos acercaríamos más a lo planteado por Rivva (2012, p. 34).

Con respecto al agregado fino se optó por aquel que tenga una textura suavizada y no muy fina; cumpliendo esos requisitos la arena triturada que al mismo tiempo por su contextura permite llenar los vacíos que deja el agregado grueso de una forma compacta que aumenta considerablemente la resistencia, teniendo en cuenta lo sugerido por Rivva López (2012, p. 33)

De la misma manera se ha tratado de verificar todos los agentes que puedan influir negativamente en la obtención y concretización de los objetivos; para ello se tiene que tener materiales de óptima calidad; en este caso se analizó la presencia de partículas chatas y alargadas; dado que de encontrarse en cantidades significativas influye negativamente en la resistencia final del concreto; el resultado obtenido fue de 0.77%, la misma que se encuentra muy por debajo a lo establecido en la norma que es 10%; como se puede verificar en el cuadro N° 05, el cual se deriva la aplicación sugerida por el Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales (2013, p. 560).

Así mismo, de verifico la presencia de partículas desmenuzables y los agentes químicos que se pudieran encontrar en los principales insumos a utilizarse en la fabricación del concreto, obteniéndose resultados alentadores y que se encuentran muy por debajo de lo que permite las normas que lo rigen; los detalles se muestran en los cuadros N° 06, N° 07, N° 08 y N° 09, el cual deriva de la aplicación de lo sugerido por el Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales (2013, p. 560).

De igual manera se analizó a profundidad el agregado grueso al ser sometido a abrasión y a los ensayos de durabilidad para verificar que al ser sometidos a condiciones severas respondan favorablemente y los resultados lo avalan tal como se detallan en los cuadros N° 10 y N° 11.

### **5.1.2 Diseños de Mezcla**

Con respecto a los diseños de Mezcla se realizaron mediante el método del ACI (2005, p. 92), diseños tentativos como se muestran en los cuadros N° 12, N° 13, N° 15 y N° 16, llegando a un diseño final como se detalla en el cuadro N° 18 y N° 19.

En el cuadro N° 18, se puede verificar los diseños sin aditivos y con aditivos, de los cuales se puede visualizar que para el concreto patrón (sin aditivos), la cantidad de insumos es utilizada en la proporciones de cemento en una cantidad de 744 kg/m<sup>3</sup>, con una cantidad de agua de 280 lt/ m<sup>3</sup> y una relación de agua/cemento de 0.38, propuesto por el Programa Estratégico de Investigación de Carreteras (1991, p. 4).

Al introducir aditivo superplastificante, los insumos quedan en 700 kg/m<sup>3</sup> de cemento con una ligera reducción en la cantidad de agua a 250 lt/m<sup>3</sup> y una relación de agua/cemento de 0.37 (Programa Estratégico de Investigación de Carreteras, 1991, p. 4). De la misma manera al incrementar a esta el Microsílice y manteniendo la cantidad de cemento se incrementa la cantidad de agua a 286lt/m<sup>3</sup> con una relación de agua/cemento de 0.41 (Instituto del Concreto Pretensado, 1994, p. 4).

Los diseños de mezcla finales manifestado en proporciones en volumen se muestran en el cuadro N° 37, con los cuales se elaboraron probetas y ensayados para verificar su resistencia al ser sometidos a esfuerzos de compresión.

### **5.1.3 Propiedades del Concreto en Estado Fresco.**

El control de calidad del concreto fresco depende de primera instancia de los procedimientos de muestreo que permitan contar con muestras representativas, la Norma ASTM C 172 (2005, p.45) da las pautas a seguirse en el muestreo, las mismas que fueron aplicadas en la presente investigación.

Lo más relevante en este trabajo es el peso unitario del concreto fresco, en el cuadro N° 11, se muestra los resultados obtenidos y en la gráfica se puede visualizar un incremento paulatino del peso unitario del concreto sin aditivos y el concreto con aditivos.

Así mismo, el concreto fresco está sujeto a pérdida de slump conforme corre el tiempo después de elaborada la tanda de mezcla, más aun si esta contiene microsílice, este comportamiento se pudo verificar al prepararse las tandas de prueba, tal y como se muestra en el cuadro N° 18.

### **5.1.4 Propiedades del Concreto en Estado Endurecido.**

En el concreto endurecido se pueden realizar muchos ensayos de tipo destructivo y no destructivo para evaluar sus características en este estado, en el presente trabajo solo

trataremos el ensayo de resistencia a la compresión axial en probetas normalizadas de concreto.

Luego de ser sometidos a esfuerzos de compresión los especímenes fueron regulares, poca porosidad y deformaciones mínimas, textura uniforme tomándose como aceptables para realizar la investigación.

## **5.2 DISCUSION DE RESULTADOS.**

### **5.2.1 Agregados**

En la gráfica de curva granulométrica del agregado grueso, se puede notar que la misma no se encontró dentro del uso seleccionado, determinados por la norma NTP 400.012 (2006, p. 69), por lo cual se procedió a realizar combinaciones con el fin de obtener un agregado de granulometría uniforme que este dentro de los límites establecidos en la norma referida. Los resultados de las combinaciones realizadas están descritas en el Cuadro N° 04.

Por cuanto es necesario producir en planta el agregado grueso con una granulometría bien gradada para poder utilizarse como agregado en concreto de alta resistencia (Rivva López, 2012, p. 34).

Las características físicas del agregado fino han cumplido con los requisitos que exige la norma, encontrándose su granulometría dentro del huso seleccionado

La prueba de durabilidad de los agregados permite obtener la información de estabilidad de un agregado. Los agregados inestables se disgregan ante la presencia de condiciones atmosféricas desfavorables y resultan evidentemente insatisfactorios como agregados para preparar mezclas de concreto, los valores obtenidos de las pruebas en arena y piedra indican una calidad aceptable de los materiales frente a procesos de desgaste y degradación, bajo la acción de agentes atmosféricos.

En el ensayo de abrasión el objeto es conocer la calidad del material pétreo desde el punto de vista de su desgaste, ya sea por el grado de alteración del agregado, o por la presencia de planos débiles y aristas de fácil desgaste. Esta característica es esencial cuando el agregado va a estar sujeto a desgaste por abrasión como en el caso de los pavimentos de concreto (ASTM C 131, 2005, p. 80).

### **5.2.2 Ajustes en el Diseño de Mezclas.**

Luego de obtenido las características físicas de los agregados, así como del cemento y aditivos se procedió a realizar los diseños Tentativos 1 y 2, el detalle se muestra en los anexos N° 02.1 y N° 02.02 y los cuadros N° 12, N° 14, N° 15 y N° 17, basados en la teoría para concretos de alta resistencia (Rivva López, 2012, Pág. 37) y la práctica del Laboratorista, sin obtener los resultados esperados, de tal manera que se hicieron los ajustes en todos los insumos para luego hacer un rediseño en la mezcla, en base de los diseños descritos líneas arriba.

### **5.2.3 Diseño del Concreto Patrón**

Este diseño obtenido es considerado como el diseño de Concreto Patrón y como base para los demás diseños.

### **5.2.4 Consistencia**

El asentamiento obtenido para los concretos elaborados en la presente tesis estuvo en el rango de 2.5" a 3.5" y se ha mantenido el mismo asentamiento equilibrando el comportamiento del microsílíce que absorbe bastante agua por ser material en polvo muy fino, con el superplastificante, lo que se verifica en el Cuadro N° 18

### **5.2.5 Peso unitario de concreto fresco.**

En los especímenes de concreto fresco con aditivo microsílíce el peso unitario se incrementa, comparado con el concreto patrón; debido a la disminución de vacíos que presenta la mezcla.

### **5.2.6 Resultados de la Resistencia a la Compresión**

Con el diseño final y definitivo de mezcla, se ha obtenido concreto de resistencia para  $f'c=.175 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=.210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

### **5.2.7 Análisis Estadístico.**

Con los datos obtenidos con el diseño final de mezcla se procedió a realizar un análisis estadístico, para realizar una comparación de los comportamientos al esfuerzo a compresión.

### **5.2.8 Contrastación de Hipótesis.**

De acuerdo a los resultados mostrados en los Cuadros N° 26, 27 y 28, donde se muestra un nivel de significancia altamente significativa (p-error de 0,00) al agregar aditivos a la mezcla y sin ella; de tal manera que **se valida la hipótesis** ya que al establecer una adecuada dosificación de agregados de Rio Huallaga y Rio Parapapura se ha obtenido resistencia sobre las solicitadas.



## **VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

- ▶ EL agregado Fino extraído de la cantera Parapapura presenta ciertas falencias para elaborar un buen concreto .
- ▶ El diseño de mezclas de los especímenes de 175Kg/cm<sup>2</sup> 210Kg/cm<sup>2</sup> y 280Kg/cm<sup>2</sup> dio como resultado que los parámetros y especificaciones técnicas insertados en el método ACI estén estipulados dentro de los límites y tolerancias admisibles.
- ▶ El método ACI para el diseño de los Mezclas de concreto nos permitió mediante sus criterios estimar las cantidades aproximadas de los materiales para la elaboración de los especímenes requeridos en la obtención de los diseños de concreto de 175 kg/cm<sup>2</sup>, 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>
- ▶ Se tuvo que modificar la relación A/C durante la Dosificación de concreto para la elaboración de los Especímenes de resistencias especificadas, ya que estos son insuficientes para alcanzar los parámetros y especificaciones técnicas requeridos
- ▶ La dosis óptima en el incremento de la relación A/C es de 1.25% de la relación patrón que se obtuvo del Método ACI.
- ▶ Para la ejecución de diseños de concreto no se requiere de maquinaria especial para su elaboración, simplemente requiere mayor control de calidad entre los materiales y el tiempo de ejecución.

### **6.2 Recomendaciones**

- ▶ El agregado fino de la cantera Parapapura necesita un tratamiento especial que combinada con los demás componentes para la elaboración de concretos se pueden obtener concretos de buena calidad.
- ▶ Se debe tener en cuenta que para el diseño de estos concretos se deben seguir las normas Técnicas., sin dejar de realizar los ajustes que se crean convenientes cuando se trabaje con tablas y/o recomendaciones técnicas, sobre todo en el caso del requerimiento de agua y el uso de aditivos
- ▶ Para mayor durabilidad y resistencia del concreto es necesario utilizar aditivos, permitiendo la disminución de vacíos y porosidad, e incremento del peso unitario, así como su compacidad y su capacidad de soporte al ser sometido a esfuerzos.

## VII.BIBLIOGRAFÍA

- ❖ ABANTO CASTILLO, Flavio. Tecnología del Concreto. Editorial San Marcos. 1ra Edición. Lima Perú.
- ❖ ABRAIRA SANTOS V. y PÉREZ DE VARGAS, Luque A. Métodos Multivariantes en Bioestadística. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, 2da Edición, España. 1996.
- ❖ AYBAR DE LA TORRE, Miguel. Tecnología del Concreto. Editorial San Marcos, 2da Edición. Lima Perú.
- ❖ CACHAY HUAMAN, Rafael, Diseño de Mezclas. [Tesis]. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima Perú. Marzo 1993.
- ❖ CALDERON MONTOYA, Carlos Enrique. Estadística para Estudiantes de Administración de Empresas de la Universidad Nacional del Callao, Editorial San Marcos, 2da Edición, Lima Perú. Marzo 2012.
- ❖ CORDOVA ZAMORA, Manuel, Estadística Descriptiva e Inferencial, Editorial MOSHERA S.R.L, 4ta Edición, Lima 2001
- ❖ DEWAR, J. D. The Indirect Tensile Strength of Concretes of High Compressive Strength. Cement y Concrete Association, Editorial: Blackie Academic & Professional, USA 1964.
- ❖ EFRAIN E. Esteban, Metodología de la Investigación Económica y Social., Editorial San Marcos, 1ra Edición, Lima 2009.
- ❖ GARCIA TORRES, Mario, Diseño de Concreto de Alta Resistencia  $f'c= 480 \text{ kg/cm}^2$  usando Agregados del Rio Huallaga para la Ciudad de Tarapoto. [Tesis]. Universidad Nacional de San Martín. Morales Perú. 2013.
- ❖ GONZALES GARCIA, José Luis, Las Mezclas de Concreto y sus Resultados en la Ciudad de Tarapoto Utilizando el Método de Agregado Global y Modulo de Finura. [Tesis]. Universidad Nacional de San Martín. Morales Perú. Marzo 2003.
- ❖ HARMSEM, Teodoro E, Diseño de Estructuras de Concreto Armado, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2da Edición, Lima Perú. Marzo del 2000.
- ❖ NEVILLE, Adam. Tecnología del Concreto, Tomo I, 1ra Edición, Editorial Limusa. México 1988
- ❖ PASQUEL CARBAJAL, Enrique, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1ra edición, Editorial San Marcos. Lima 1993.

- ❖ PORTUGAL BARRIGA, Pablo. Tecnología del Concreto de Alto Desempeño. 1ra Edición, Editorial UNAS, Paris. Junio 2007.
- ❖ REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Diario Oficial El Peruano. Mayo del 2006.
- ❖ REVISTA EL INGENIERO CIVIL-Nº 118-Noviembre-Diciembre 2000. Lima Perú.
- ❖ RIVVA LÓPEZ, Enrique. Concretos de Alta Resistencia. 2da Edición, Editorial Fondo ICG. Marzo 2012.
- ❖ SANDOVAL GARAY, Cristian, Diseño de mezclas de Concreto de Alta Resistencia. [Tesis]. Universidad Nacional de San Martín. Morales Perú. Setiembre 2009.
- ❖ TORRES C., Ana. Curso Básico de Tecnología del Concreto. Editorial Universidad de Ingeniería, 1ra Edición, Lima Perú. Mayo 2004.
- ❖ VI CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA CIVIL, Ponencias Concreto de Alta Resistencia. Carlos Aire Untireos, Enrique Rivva López, Cajamarca 1986.
- ❖ VILCA ARANDA, Patricia, OBTENCION DE CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA. [Tesis]. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima Perú. 2008.

## **LINKOGRAFIA**

- ❖ ENCICLOPEDIA LIBRE WIKIPEDIA  
[[http://es.wikipedia.org/wiki/Humo\\_de\\_silice](http://es.wikipedia.org/wiki/Humo_de_silice)]. 20 de julio del 2014.
- ❖ Técnicas Estadísticas para las Ciencias de la Documentación Inferencia  
[[http://es.wikibooks.org/wiki/T%C3%A9cnicas\\_Estad%C3%ADsticas\\_para\\_las\\_Ciencias\\_de\\_la\\_Documentaci%C3%B3n/Inferencia/Contraste\\_de\\_hip%C3%B3tesis](http://es.wikibooks.org/wiki/T%C3%A9cnicas_Estad%C3%ADsticas_para_las_Ciencias_de_la_Documentaci%C3%B3n/Inferencia/Contraste_de_hip%C3%B3tesis)] 20 de julio del 2014.



Fotografía N°01 Recolección de material (Agregado Fino de la Cantera Parapapura)



Fotografía N° 02 Preparación del material por el método del cuarteo





Fotografía N°03 Introducción del material al horno



Fotografía N°4 Clasificación de los agregados para los respectivos ensayos





Fotografía N°05 Lavado del agregado Grueso



Fotografía N°06 Lavado del Agregado Fino





Fotografía N°07 Limpieza y secado del Agregado Grueso



Fotografía N°08 Determinación del Peso Específico del Agregado Grueso



Fotografía N°09 selección de los Tamices para el ensayo de Granulometría



Fotografía N°10 Tamizado del Agregado Grueso





Fotografía N°11 Granulometría del Agregado Grueso y el Agregado Fino



Fotografía N°12 Ensayo de Proctor Modificado para el Agregado Fino



Fotografía N°13 Ensayo de Proctor Modificado para el Agregado grueso



Fotografía N°14 Dosificación de los materiales a emplear en la elaboración de los concretos de resistencias 175kg/cm<sup>2</sup>, 210kg/cm<sup>2</sup>, 280kg/cm<sup>2</sup>.





Fotografía N°15 mezclado y vaciado de los materiales



Fotografía N°16 Medición del Asentamiento (SLUMP)





Fotografía N°17 Compactación por Capas



Fotografía N°18 Preparación de los testigos mediante la utilización de KAPI para su posterior Rotura.



Fotografía N°19 Rotura de los Testigos