

**UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS DE MEZCLADO DE UN  
CONCRETO F'C=210 KG/cm<sup>2</sup> Y SU RESISTENCIA USANDO  
AGREGADOS DE LA CANTERA DEL RIO MANTARO EN LA  
CIUDAD DE HUANCAYO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**Wiliam Fernando Quispe Camargo**

**ASESORES:**

**Dr. Ing. José Luis LEÓN UNTIVEROS**

**Ing. Melquiades Elmer HINOSTROZA BARTOLO**

**HUANCAYO – PERÚ**

**Diciembre del 2020**

## **ASESORES DE TESIS**

---

**Dr. Ing. José Luis LEÓN UNTIVEROS**  
**ASESOR METODOLÓGICO**

---

**Ing. Melquiades Elmer HINOSTROZA BARTOLO**  
**ASESOR TEMÁTICO**

**MIEMBROS DEL JURADO**

---

**Dr. Ing. José Luis LEÓN UNTIVEROS  
PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**Ing. Melquiades Elmer HINOSTROZA BARTOLO  
SECRETARIO**

---

**Ing. Raúl CURASMA RAMOS  
VOCAL**

## DEDICATORIA

La presente Tesis va dedicada a todos los integrantes de mi familia como testimonio de gratitud por su apoyo y fortaleza; sobre todo a mi madre por su enorme sacrificio y desvelo para lograr mis metas y a mi hermano por su aliento y fortaleza transmitida.

A aquellos que me enseñaron a dar siempre un paso adelante.

## ÍNDICE

INDICE .....	i
LISTA DE TABLAS.....	iii
LISTA DE FIGURAS .....	v
LISTA DE ANEXOS.....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
CAPITULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.SITUACIÓN PROBLEMATICA.....	1
1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1.Problema General.....	4
1.2.2.Problemas Específicos.....	4
1.3.JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....	4
1.4.JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	5
1.5.OBJETIVOS.....	5
1.5.1.Objetivo General .....	5
1.5.2.Objetivos Específicos .....	5
1.6.HIPÓTESIS .....	6
1.6.1.Hipótesis General .....	6
1.6.2.Hipótesis Especificas.....	6
CAPITULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.MARCO FILOSÓFICO O EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.2.ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
2.2.1.Estudios dentro de ámbito Regional.....	8
2.2.2.Estudios dentro del ámbito Nacional.....	9
2.2.3.Estudios dentro del ámbito Internacional. ....	11
2.3.BASES TEÓRICAS .....	13
2.3.1Concreto.....	13
2.3.2Propiedades del concreto .....	15
2.3.3Agregados del concreto .....	17

2.3.4.Cemento Portland.....	21
2.3.5.El Agua .....	28
2.3.6.Mezclado del concreto.....	29
2.3.7.Curado del concreto.....	32
2.3.8.Resistencia del concreto .....	35
2.3.9.Diseño de mezclas.....	45
CAPITULO III.....	57
METODOLOGIA .....	57
3.1.TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	57
3.1.1.TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	57
3.1.2.DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	57
3.2.POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	58
3.3.TAMAÑO DE MUESTRA.....	58
3.4.TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	59
CAPITULO IV .....	61
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	61
4.1.ANALISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	61
4.1.1.Análisis de los resultados.....	61
4.1.2.Interpretación y discusión de resultados.....	95
4.2.PRUEBA DE HIPOTESIS.....	103
4.2.1.Prueba de Hipótesis General.....	103
4.2.2.Prueba de Hipótesis Especificas .....	104
4.3.PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	105
CAPITULO V.....	107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	107
5.1.CONCLUSIONES.....	107
5.2.RECOMENDACIONES.....	109
REFERENCAS BIBLIOGRAFICAS .....	110
ANEXOS.....	111

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1: Clases de mezcla según asentamiento .....	17
TABLA 2: Límites de granulometría según ASTM .....	19
TABLA 3: Características de los compuestos de los cementos .....	23
TABLA 4: Valores máximos permisibles del agua .....	29
TABLA 5: Porcentaje de volumen estimado de resistencia a la compresión con curado húmedo .....	39
TABLA 6: Asentamientos recomendados .....	47
TABLA 7: Cantidad aproximada de aire esperado en concreto sin aire incluido y niveles de aire incluido para diferentes tamaños máximos de agregado.....	48
TABLA 8: Requerimiento aproximado de agua de mezclado para asentamientos y tamaños máximos de agregado, en concretos sin aire incorporado. ....	49
TABLA 9: Resistencia requerida de diseño cuando no hay datos que permitan determinar la desviación estándar .....	50
TABLA 10: Relación agua-cemento y resistencia a la compresión.....	51
TABLA 11: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto .....	52
TABLA 12: Primera estimación del peso del concreto fresco.....	54
TABLA 13: Cantidad mínima de muestra de ensayo del agregado grueso .....	63
TABLA 14: Obtención del peso unitario de los agregados .....	67
TABLA 15: Datos obtenidos en laboratorio .....	69
TABLA 16: Valores de diseño.....	69
TABLA 17: Volúmenes absolutos de los agregados .....	69
TABLA 18: Cantidad de materiales por m <sup>3</sup> .....	70
TABLA 19: Expresión de las proporciones en peso .....	70
TABLA 20: Cantidad de materiales por bolsa.....	70
TABLA 21: Conversión de P <sub>3</sub> a m <sup>3</sup> .....	70

TABLA 22: Dosificación en volumen .....	71
TABLA 23: Resultados de Ensayo de Abrasión del Agregado Grueso.....	71
TABLA 24: Registro del tiempo de mezclado en el rango 1 .....	76
TABLA 25: Registro del tiempo de mezclado en el rango 2.....	77
TABLA 26: Criterio de aceptación de la temperatura del concreto.....	78
TABLA 27: Control de la temperatura del concreto, rango 1.....	79
TABLA 28: Control de la temperatura del concreto, rango 2.....	80
TABLA 29: Control del asentamiento del concreto, rango 1 .....	83
TABLA 30: Control del asentamiento del concreto, rango 2 .....	84
TABLA 31: Tolerancias permisibles para la edad de ensayo .....	85
TABLA 32: Resultados del ensayo a la compresión r1-7 días .....	86
TABLA 33: Resultados del ensayo a la compresión r1-28 días .....	87
TABLA 34: Resultados del ensayo a la compresión r2-7 días .....	88
TABLA 35: Resultados del ensayo a la compresión r2-28 días .....	89
TABLA 36: Tabla de análisis del coeficiente de Pearson "R", rango 1-7 días.....	91
TABLA 37: Tabla de análisis del coeficiente de Pearson "R" rango 1-28 días.....	93
TABLA 38: Tabla de análisis del coeficiente de Pearson "R" rango 2-7 días.....	93
TABLA 39: Tabla de análisis del coeficiente de Pearson "R" rango 2-28 días.....	94
TABLA 40: Resultados obtenidos de $f_c$ en el rango 1.....	96
TABLA 41: Resultados obtenidos de $f_c$ en el rango 2.....	97
TABLA 42: Escala de interpretación para el coeficiente de Pearson .....	101
TABLA 43: Interpretación de resultados obtenidos para el coeficiente de Pearson.....	101
TABLA 44: Resumen de coeficientes de correlación de Pearson .....	102
TABLA 45: Interpretación de resultado de alfa de Cronbach .....	102
TABLA 46: Resultados de resistencia en función del tiempo de mezclado .....	105
TABLA 47: Resultados de asentamiento en función del tiempo de mezclado .....	105



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Situación actual de la construcción de viviendas en el Perú .....	2
FIGURA 2: Porcentaje de construcciones de mala calidad en américa latina. ....	2
FIGURA 3: Método de ensayo Cono de Abrams .....	16
FIGURA 4: Aparato de Vicat .....	26
FIGURA 5: Curva de Fraguado del concreto .....	26
FIGURA 6: Mezcladora de eje Vertical y horizontal .....	30
FIGURA 7: Mezcladora de eje horizontal tipo tolva .....	30
FIGURA 8: Desarrollo de la resistencia del concreto según el curado.....	32
FIGURA 9: Desarrollo de la resistencia del concreto según temperatura .....	33
FIGURA 10: Efecto del curado en la resistencia .....	34
FIGURA 11: Curva típica de correspondencia .....	36
FIGURA 12: Porcentaje de la evolución de la resistencia del concreto normal con curado húmedo...39	
FIGURA 13: Porcentaje de evolución de la resistencia del concreto normal con distintos curados ....39	
FIGURA 14: Rótula típica de abertura .....	40
FIGURA 15: Relación de permeabilidad hidráulica.....	44
FIGURA 16: Esquema de experimento y variables.....	58
FIGURA 17: Ubicación de la Cantera tres de diciembre.....	61
FIGURA 18: Instalaciones del laboratorio de la Concretera Junín.....	62
FIGURA 19: Tamizado de los agregados fino y grueso .....	64
FIGURA 20: Tamizado de los agregados fino y grueso .....	65
FIGURA 21: Análisis granulométrico por tamizado y curva granulométrica del agregado fino. ....	65
FIGURA 22: Análisis granulométrico por tamizado y curva granulométrica del agregado grueso. ....	66
FIGURA 23: Obtención del peso saturado superficialmente seco.....	67
FIGURA 24: Obtención del porcentaje de absorción del agregado fino. ....	68

FIGURA 25: Obtención del porcentaje de absorción del agregado grueso .....	68
FIGURA 26: Tiempo de fraguado del cemento portland T-1 Andino .....	74
FIGURA 27: Elaboración de los testigos de concreto .....	75
FIGURA 28: Especímenes de concreto .....	76
FIGURA 29: Control de temperatura del curado .....	81
FIGURA 30: Control de consistencia del concreto.....	82
FIGURA 31: Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos .....	85
FIGURA 32: Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos .....	86
FIGURA 33: Gráfico de barras de resistencias obtenidas rango 1 .....	87
FIGURA 34: Gráfico de dispersión de resistencias obtenidas rango 1.....	88
FIGURA 35: Gráfico de barras de las resistencias obtenidas rango 2.....	89
FIGURA 36: Gráfico de dispersión de resistencias obtenidas rango 2.....	90
FIGURA 37: Muestra de especímenes por cada tiempo de mezclado.....	90
FIGURA 38: Muestra de especímenes por cada tiempo de mezclado R-2.....	91
FIGURA 39: Gráfico de distribución estocástica r1-7 días .....	92
FIGURA 40: Formula de coeficiente de Pearson .....	92
FIGURA 41: Gráfico de distribución estocástica r1-28 días.....	93
FIGURA 42: Gráfico de distribución estocástica r2-7 días.....	94
FIGURA 43: Gráfico de distribución estocástica r2-28 días.....	95
FIGURA 44: Gráfico de evolución de la resistencia en el Rango 1 .....	96
FIGURA 45: Gráfico de evolución de la resistencia en el Rango 2 .....	98
FIGURA 46: Gráfico de consistencia del concreto en el R-1 .....	99
FIGURA 47: Gráfico de consistencia del concreto en el R-2.....	100

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de Consistencia de la Investigación.....	111
ANEXO 2: Operalización de Variables.....	112
ANEXO 3: Certificado de Diseño de Mezcla.....	113
ANEXO 4: Certificado de Ensayo de Abrasión.....	117
ANEXO 5: Ficha Técnica cemento Andino T 1 .....	118

## RESUMEN

El concreto tiene un gran porcentaje de incidencia dentro de la industria de la construcción, y su resistencia es un factor clave para su ejecución. Existen diversos métodos de la preparación de concreto, los cuales presentan tiempos variables, principalmente en el tiempo de mezclado de los agregados que lo conforman.

El fin del presente trabajo de investigación es dar una visión, acerca del tiempo de mezclado de un concreto normal  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y cuál es su influencia en su resistencia, considerando el tiempo inicial de fraguado, tiempo mínimo de mezclado según la norma E-060 y cuál es su efecto al salirnos de estos márgenes, para tener una perspectiva del tiempo óptimo de mezclado del concreto dentro del valle del Mantaro. Para la obtención de muestras del concreto, se consideró agregado de cantera del río Mantaro, cemento portland tipo I marca ANDINO, con los cuales se realizó un diseño de mezcla para una resistencia  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Para la preparación del concreto se usó una mezcladora de concreto tipo tambor de 11 p<sup>3</sup> y se consideró 2 parámetros para los experimentos, el primero considerando el mezclado en un tiempo por debajo de lo establecido en la norma E-060 (1.5 minutos) y un segundo parámetro considerando el tiempo mínimo de mezclado y tiempo inicial de fraguado. Se obtuvieron mezclas de prueba con las mismas características del concreto, con tiempos de mezclado variables y curado bajo las mismas condiciones. Las resistencias obtenidas se evaluaron y analizaron con la elaboración de gráficos y tablas estadísticas de resistencia y mezclado.

Los análisis mostraron que a medida que el tiempo de mezclado aumenta, la resistencia del concreto aumenta, pero la consistencia disminuye y también existe un incremento de la cantidad de aire atrapado. Los resultados son consistentes con estudios previos y también confirma la hipótesis propuesta.

**Palabras Claves:** concreto normal, fraguado, curado, agregado, resistencia, mezclado

## ABSTRACT

Concrete has a high incidence rate within the construction industry, and its strength is a key factor in its execution. There are various methods of preparing concrete, which present time variables, mainly in the mixing time of the aggregates that make it up.

The purpose of this research work is to give a vision, about the mixing time of a normal concrete  $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$  and what is its influence on its resistance, considering the initial setting time, minimum mixing time according to the E-060 standard and what is its effect when we leave these margins, to have a perspective of the optimal mixing time within the Mantaro valley. In order to obtain samples of the concrete, an aggregate from the quarry of the Mantaro river was considered, Portland cement type I, ANDINO brand, with which a mix design was made for a resistance  $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ . For the preparation of the concrete, an 11 p3 drum-type concrete mixer was used and 2 parameters were considered for the experiments, the first considering the mixing in a time below that established in the E-060 standard (1.5 minutes) and a second parameter considering the minimum mixing time and initial setting time. Test mixes with the same characteristics of the concrete were obtained with variable mixing times and curing under the same conditions. The obtained resistances were evaluated and analyzed with the elaboration of graphs and statistical tables of resistance and mixing.

The analyzes showed that as the mixing time increases, the strength of the concrete increases, but the consistency decreases and there is also an increase in the amount of entrapped air. The results are consistent with previous studies and also confirm the proposed hypothesis.

**Key Words:** normal concrete, set, cure, aggregate, strength, mixed.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. SITUACIÓN PROBLEMATICA.

El concreto es uno de los componentes de mayor incidencia dentro de la construcción civil en nuestro medio y la mayor parte de estas son autoconstruidas.

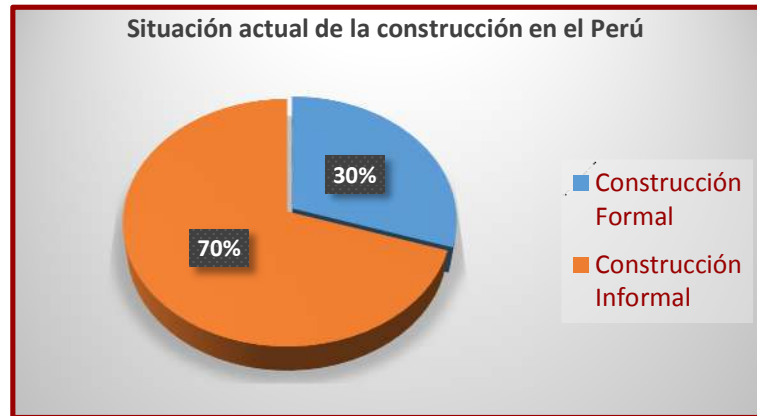
En el tema del proceso constructivo del concreto, se muestra un panorama bastante amplio y complejo; puesto que, generalmente no se tiene la posibilidad de limitar algunos factores como el medio ambiente, agregados, agua, equipos y la diversidad de técnicas constructivas y mano de obra.

En muchos casos, la bondad evidente del concreto en comparación con otros materiales nos obliga a fabricar concreto, pero pareciera que nos habilita a restar importancia respecto al proceso de su fabricación y nos inclina a pensar que cualquier persona podría hacer concreto; no siendo así, porque no cualquiera está en la capacidad de diseñar y fabricar concreto de buena calidad.

En nuestro país, la mayor parte de las viviendas son construidas sin una dirección técnica profesional, consecuentemente no se tiene un control de calidad.

En la figura 2, se muestra que en el Perú la cifra de construcciones de mala calidad debido a los materiales que utilizan, procedimientos constructivos inadecuados, etc. Es una

de las más altas de América Latina con 72%, superado únicamente por Bolivia con 75%, países vecinos como Ecuador, Colombia, Brasil, Argentina, Chile, tienen un menor porcentaje del 50%, 37%, 33%, 32% y 23% respectivamente.



*Figura 1:* Situación actual de la construcción de viviendas en el Perú

Fuente: Adaptación de Angulo. W. (26-09-17). El 70% de viviendas en el Perú son informales y vulnerables a un sismo. RPP Noticias.



*Figura 2:* Porcentaje de construcciones de mala calidad en América Latina.

Fuente: Federación Interamericana del Cemento.

La necesidad de una vivienda dónde residir, es por lo general resuelta por los propios interesados, iniciando así, el proceso de la autoconstrucción, consecuentemente la elaboración de un concreto informal, el cual no cuenta con un diseño de mezcla y no es supervisado o dirigido técnicamente durante su preparación y vaciado. Siendo común su preparación con mezcladoras tipo tolva y tambor; actualmente viene incursionando el concreto premezclado en vaciados masivos.

La resistencia del concreto es vital en toda infraestructura porque permite garantizar la durabilidad de la estructura construida y el soporte a los esfuerzos que son sometidos.

Dependiendo de múltiples factores, como la ubicación geográfica de la obra, accesibilidad, espacio de trabajo entre otras variables, el tiempo de mezclado es muy variable, lo cual influye directamente en la resistencia del concreto; y no se encuentra registro de información relacionada a esta problemática para nuestro medio (Valle del Mantaro), principalmente en dos intervalos de tiempo que son:

Primero. - cuando las condiciones para la fabricación y colocación del concreto son muy favorables, el tiempo de mezclado se reduce por debajo de lo estipulado en la norma E-060, generalmente dejando pasar por alto esta falta y por ende alterando la resistencia del concreto.

Segundo. - cuando respetamos el tiempo mínimo de mezclado o las condiciones para la fabricación del concreto no son favorables, tenemos un tiempo prolongado de mezclado, hasta un tiempo límite determinado por el inicio de fraguado; en este caso el intervalo de tiempo es más amplio que el primero, siendo necesario conocer en qué medida influye sobre la resistencia del concreto.



## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿En qué medida influye los tiempos de mezclado de un concreto normal  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la resistencia, usando agregados de la cantera del Rio Mantaro en la ciudad de Huancayo?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

#### 1.2.2.1. Problema Específico 1

¿En qué medida influye los tiempos de mezclado por debajo de lo estipulado en la norma (NTP E-060), de un concreto normal en su resistencia usando agregados de la cantera del río Mantaro en la ciudad de Huancayo?

#### 1.2.2.2. Problema Especifico 2

¿En qué medida varia la resistencia del concreto teniendo en cuenta el tiempo mínimo de mezclado y el tiempo máximo determinado por el inicio de fraguado de un concreto normal usando agregados de la cantera del río Mantaro en la ciudad de Huancayo?

#### 1.2.2.3. Problema Específico 3

¿Cuál es el rango de tiempo óptimo de mezclado de un concreto normal usando agregados de la cantera del río Mantaro en la ciudad de Huancayo?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

El propósito de la siguiente investigación es aportar al conocimiento ya existente sobre los tiempos de mezclado durante la preparación del concreto normal de una resistencia  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, ya que el indicador de la calidad del concreto es principalmente la resistencia; cuyos resultados de análisis pueden aportar como guía y complemento que permitirá elegir el tiempo ideal de mezclado, de acuerdo a la funcionalidad para lo cual será construida el concreto, ya que es fundamental obtener la resistencia optima del concreto.

Así mismo pueden ser incorporados como conocimiento a la Ingeniería Civil ya que se está demostrando la influencia del tiempo de mezclado en la resistencia final del concreto.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

Por casos fortuitos la mezcla y colocación es prolongada y en algunos casos no supera el tiempo mínimo de mezclado, detalles que alteran la resistencia del concreto; así mismo, en el vaciado de columnas por tener éstas, alturas considerables, ocurre el fenómeno de segregación, que hace que la consistencia del concreto no sea homogénea en toda la estructura y por ende resistencia variable a distintos niveles; sobre todo, si el tiempo de mezclado y colocación del concreto es mínimo. Con los resultados de los análisis obtenidos podemos definir los parámetros de mezclado de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, usando mezcladora tipo tambor; de acuerdo a la demanda requerida definido por el tipo de obra o estructura en el valle del Mantaro, usando agregados de la cantera der Rio Mantaro.

#### **1.5. OBJETIVOS**

##### **1.5.1. Objetivo General**

Analizar la relación de los tiempos de mezclado de un concreto normal  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con su resistencia, usando agregados de la cantera del río Mantaro en la ciudad de Huancayo.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos**

###### **1.5.2.1. Objetivo Específico 1**

Analizar en qué medida influye la resistencia de un concreto normal cuando el tiempo de mezclado es inferior a lo especificado en la norma E-060.

#### 1.5.2.2. Objetivo Específico 2

Analizar en qué medida influye la resistencia de un concreto normal  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> cuando el tiempo de mezclado es superior a lo especificado en la norma E-060 e inferior al tiempo inicial de fraguado.

#### 1.5.2.3. Objetivo Específico 3

Analizar cuál es el rango de mezclado favorable para obtener una mayor resistencia en un concreto normal  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

### 1.6. HIPÓTESIS

#### 1.6.1. Hipótesis General

El tiempo de mezclado de un concreto normal  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> usando agregados de la cantera del Rio Mantaro influye directamente en la resistencia final.

#### 1.6.2. Hipótesis Específicas

##### 1.6.2.1. Hipótesis Específica 1

El tiempo de mezclado de un concreto normal  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> por debajo de lo estipulado en la norma E 060 influye negativamente en la resistencia final.

##### 1.6.2.2. Hipótesis Específica 2

La resistencia final del concreto normal  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> con tiempos de mezclado variable dentro de los valores máximos y mínimos permisibles difieren considerablemente.

##### 1.6.2.3. Hipótesis Específica 3

Existe un rango de tiempo de mezclado del concreto normal  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> para la obtención de una resistencia final óptima.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. MARCO FILOSÓFICO O EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

La necesidad de ampliar dentro del conocimiento sobre fabricación de concreto normal, criterios y fundamentos para obtener una óptima resistencia del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, basado en el tiempo de mezclado como una variable independiente y resistencia final como variable dependiente, se origina de la necesidad del investigador en conocer el comportamiento de los componentes del concreto en el valle del Mantaro, usando agregados del río del mismo nombre, debido a la implicancia de variables principalmente como la temperatura del ambiente, humedad, agregados, que intervienen durante el proceso de la fabricación del concreto. Para dar origen a posturas que puedan dar solución a problemas recurrentes en las diferentes obras.

Con la utilización del método Experimental de la presente investigación, se busca dar respuesta y perspectiva a las interrogantes con hechos probados, que demuestran cuales son los puntos más predominantes o importantes a considerar cuando se plantean las resistencias del concreto determinadas obras.

## 2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a la importancia de las variables estudiadas en la presente investigación, es preciso realizar la revisión longitudinal de otros estudios que refieran a evaluación y análisis de las variables en distintos contextos de investigación de los tesis. Por consiguiente, se debe entender las consecuencias de las variables en realidades regionales, nacionales e internacionales.

### 2.2.1. Estudios dentro de ámbito Regional.

ROJAS (2019) en la tesis “ELABORACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE PARA TRANSITO LIVIANO USANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DE SANTA MARIA DEL VALLE “LA DESPENSA” HUANUCO”, concluye que “Los valores de la resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con 0% de agregado fino es de 81.41 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, 86.95 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y 91.87 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días el cual se encuentra dentro del rango del ACI522R-10 de 28 kg/cm<sup>2</sup> a 280 kg/cm<sup>2</sup>, y el coeficiente de permeabilidad promedio para el diseño de mezcla con 0% de fino es 1.59 cm/s el cual se encuentra por encima del rango del ACI522R-10 de 0.14 cm/s a 1.22cm/s”.

Por lo que podemos advertir que, si en un concreto ocurre alto índice de segregación, obtendremos resistencia variable en cada sección de la estructura, por lo que es necesario encontrar el tiempo óptimo de mezclado y colocación para obtener un segregado mínimo y de esta manera obtener un concreto de resistencia óptima.

KRIETE (2018) en la tesis “CONCRETO DE ALTO ESEMPEÑO UTILIZANDO HORMIGON CON ADICION DE MICROSILICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LA CIUDAD DE HUANCAYO” afirma que “Para determinar el tiempo de fraguado inicial y final, se calcula como el tiempo adecuado

a la resistencia, la norma indica que se debe encontrar aproximadamente la penetración en un 35 kg/cm<sup>2</sup> o 3.5 MPa (500 lb/pulg<sup>2</sup>) y 280 kg/cm<sup>2</sup> o 27.6 MPa (4000 lb/pulg<sup>2</sup>). Al principio el fraguado inicial ocurre entre 2 y 6 horas después del mezclado, y el fraguado final sucede entre 4 y 12 horas, la velocidad del endurecimiento del concreto se haya influenciado por la tasa de progreso de la construcción. En el tiempo de fraguado también afecta los siguientes factores: la temperatura, la relación agua /cemento y aditivos”.

En dicho estudio se usó agregado de la cantera del río Mantaro que también será materia de nuestra investigación.

VALENZUELA (2019) en la tesis “DISEÑO DE MEZCLA Y TÉCNICA DE COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LA CONSTRUCCIÓN DE PILOTES SOBRE ACUÍFEROS, PUENTE COMUNEROS – HUANCAYO 2017”, concluye que “La colocación del concreto en obra a temperaturas que fluctuaban entre los 15°C y 21°C, no alteran significativamente en el fraguado inicial y final del concreto.”

#### 2.2.2. Estudios dentro del ámbito Nacional.

CHUMACERO (2019) en la tesis “INFLUENCIA DEL CURADO ACELERADO CON AGUA HIRVIENDO EN LA RESISTENCIA TEMPRANA DEL CONCRETO” menciona que la segregación se produce principalmente debido a:

“El valor de la gravedad específica del agregado grueso es mucho mayor con relación al valor del agregado fino”

“El empleo de agregado grueso con un tamaño máximo mayor respecto a las dimensiones del elemento estructural”

“En concretos pesados el riesgo de segregación es mayor, debido a la alta densidad del agregado grueso”

“En mezclas de mayor consistencia (más húmedas) (Abanto, 2009)”

“Disminuye con el aumento de cemento o agregado fino (Abanto, 2009)”

“El excesivo vibrado de la mezcla (Abanto, 2009)”

“Cuando se coloca desde una altura mayor de 0.50 m (Abanto, 2009)”

“Proceso inadecuado de manipulación y colocación de la mezcla (Abanto, 2009)”

CASTRO&YUCRA (2018) en la tesis “EVALUACION Y DIAGNOSTICO DE LA CAÑLIDAD DEL CONCRETO ELABORADO A PIE DE OBRA EN ZONAS RURALES EN LOS DISTRITOS DE CERRO COLORADO, PAUCARPATA Y SOCABAYA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”, menciona que “ Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es sólo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales), lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz.

Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de la pasta, mala distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación. En los concretos con contenidos de piedra > del 55% en peso con respecto al peso total de agregados, es frecuente confundir la segregación con la apariencia normal de estos concretos, lo cual es muy simple de verificar obteniendo dos muestras de concreto fresco de sitios diferentes y comparar el contenido de gruesos por lavado, que no deben diferir en más del 6%.

En las viviendas estudiadas, generalmente la dosificación era 1:4:3.5 (cemento, arena, piedra) por lo que el contenido de piedra es aproximadamente 41% en peso respecto al peso total de agregados; es por ello por lo que no había presencia de segregación en las muestras”.

AGUINAGA (2019) en la tesis “MITIGACION DE LOS EFECTOS NEGATIVOS EN EL CONCRETO DE  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>, PRODUCIDOS POR ALTAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO”, concluye que: “Los concretos mezclados, vaciados y curados ante altas temperaturas, que conllevan a obtener una temperatura interna del concreto fresco  $>32$  °C. La resistencia a los 28 días y a edades posteriores son inferiores a la resistencia de diseño, esto ha sido comprobado con los resultados de esta investigación”.

### 2.2.3. Estudios dentro del ámbito Internacional.

VELAZQUEZ (2018) en la tesis “CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO CON METODOS ALTERNATIVOS DE INGENIERIA” menciona que: “La ganancia de resistencia mecánica del concreto depende de numerosas variables y resultan muy diferentes entre unos y otros concretos. De esas variables, la más importante puede ser la composición química del cemento, la misma finura, la relación agua cemento, que cuanto más baja sea favorece la velocidad, la calidad intrínseca de los agregados, las condiciones de temperatura ambiente y la eficiencia de curado. Esto hace que los índices de crecimiento de la resistencia no pueden ser usados en forma segura o precisa con carácter general para cualquier concreto”.

ESQUIVEL (2018) en la tesis “PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE ELEMENTOS DE CONCRETO” describe las principales problemáticas y solución de acuerdo al clima.



Clima frío			Clima cálido		
Característica	Problemática	Solución	Característica	Problemática	Solución
Trabajabilidad	Rigidez en la mezcla, formación de juntas frías indeseables	Implementación de juntas de colado.	Trabajabilidad	Rigidez en la mezcla, decremento de la trabajabilidad	Uso de aditivos retardantes
Tiempo de fraguado	Congelamiento de agua y aparición de agrietamientos	Mantener la temperatura del concreto arriba de los 10°C. Implementar un método de curado que conserve el calor de la mezcla. Uso de aditivos inclusores de aire.	Temperaturas altas	Altas temperaturas en la mezcla. Aumento en la demanda del agua por evaporación.	Almacenamiento de agregados en lugares sombreados, o roció continuo con agua. Uso de hielo o nitrógeno líquido en la mezcla.
Temperaturas bajas	Obtención de la temperatura mínima en la mezcla. Temperaturas ambientales menores a -10°C	Calentamiento del agua (calderos industriales) o agregados (chorros de vapor). Calentamiento del acero de refuerzo mayor de 1 in	Propiedades mecánicas y acabado.	Fisuración y pérdida de resistencia y durabilidad.	Implementación del curado húmedo y membranas de curado (en algunos casos se recomienda el uso de dos membranas)
Conservación de la temperatura	Decremento de la temperatura o congelación de la superficie del elemento	Cubrir el elemento con lonas o plásticos y calentar el recinto (calentadores o calefactores artificiales). La protección debe ser apta para vientos.			

SANCHEZ (2019) en la tesis doctoral “UTILIZACION DE ARIDO RECICLADO PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS DE HORMIGON PREFABRICADO DE MOVILIARIO URBANO” concluye que “primando la consistencia del hormigón sobre la resistencia mecánicas, se realizó un estudio comparativo de varios métodos de premojado que permitió concluir que la variable tiempo de premojado es la que mayor incidencia mostro en las propiedades analizadas, frente a la cantidad de agua de premojado y la cantidad total, siendo el tiempo óptimo de premojado de 10 minutos”.

## **2.3.BASES TEÓRICAS**

### **2.3.1 Concreto**

#### 2.3.1.1 Definición de concreto

Según el autor ABANTO (2009), define al concreto como:

“Una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia”.

“El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto”. (pág.11)

#### 2.3.1.2 Componentes del concreto

##### **Agregados**

Según el autor PORRERO, RAMOS, VELAZCO, & GRASES (2009), “Es el material que ocupa un 80% aproximadamente del peso del concreto, los cuales son de origen pétreo, sus características definen la calidad del concreto, teniendo dos tipos; agregado grueso y agregado fino”. (pág. 34)

## **Cemento**

Según el autor ABANTO (2009), “Es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas”. (pág. 15)

## **Agua**

Según el autor NIÑO (2010), “El agua como componente del concreto es el elemento que hidrata las partículas de cemento y hace que estas desarrollen sus propiedades aglutinantes. Al mezclarse con el cemento se produce la pasta, la cual puede ser más o menos fluida, según la cantidad de agua que se agregue. Al endurecer la pasta, como consecuencia del fraguado, parte del agua permanecen en la estructura rígida de la pasta (agua de hidratación), y el resto es agua evaporable”. (pág. 3)

## **Aditivos**

Según el autor NIÑO (2010), “Los aditivos son materiales distintos del agua, de los agregados, del cemento hidráulico y de las fibras de refuerzo que se utilizan como ingredientes del concreto y se añaden a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades para que sea más adecuada a las condiciones de trabajo o para reducir los costos de producción”. (pág.3)

### **2.3.1.3 Características del concreto**

Según el manual de la construcción, las características más resaltantes del concreto son:

a.- Su elevada resistencia a fuerzas de compresión.

- b.- Su escasa capacidad para soportar fuerzas de estiramiento.
- c.- Su elevada resistencia para soportar altas temperaturas.
- d.- Su impermeabilidad, es decir, la dificultad de no dejar pasar el agua u otro líquido a su interior.
- e.- Su consistencia, es decir, el grado de fluidez de la mezcla para que le sea fácil desplazarse dentro del encofrado y llegar hasta el último rincón.

## **2.3.2 Propiedades del concreto**

### **2.3.2.1 Trabajabilidad**

Según ABANTO (2009), “Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones”. (pág. 47)

### **2.3.2.2 Consistencia**

Según el autor SANCHEZ (2001), menciona que “La cantidad de agua que se le agrega al cemento le comunica una determinada fluidez, la cual aumenta al incrementarse el contenido de agua. Existe una determinada fluidez para la cual debe agregarse cierta cantidad de agua. Esta fluidez es lo que se llama consistencia normal.” (pág. 43)

Según el autor ABANTO (2009), “El ensayo de consistencia, llamado también de revenimiento o slump, es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. Esta prueba, desarrollada por Dulf Abrams; fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978.” (pág. 47)

“El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento de la mezcla luego de desmoldado.” (pág. 47)

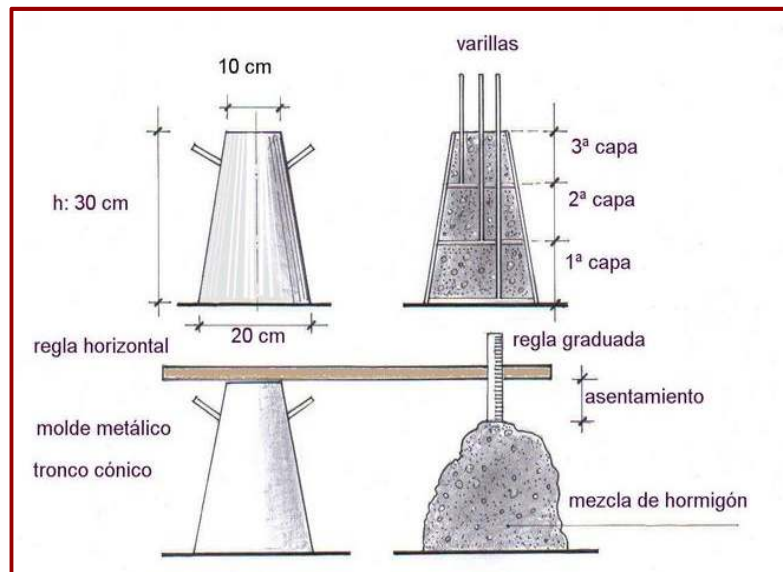


Figura 3: Método de ensayo Cono de Abrams

Fuente: [https://www.construmatica.com/construpedia/Archivo:Cono\\_de\\_Abrams.jpg](https://www.construmatica.com/construpedia/Archivo:Cono_de_Abrams.jpg)

Así mismo Abanto menciona el procedimiento de ensayo que consiste en colocar el molde sobre una superficie plana y humedecida, pisando las aletas, de tal forma que se mantenga inmóvil. Seguidamente se vierte concreto hasta  $1/3$  del volumen y se apisona con la varilla, dando veinticinco golpes, uniformemente distribuidos.

Seguidamente se colocan dos capas más, con el mismo procedimiento a  $1/3$  del volumen consolidando de tal manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior.

La tercera y última capa se deberá llenar en exceso, para de esta forma enrasar al final de la consolidación. Una vez lleno y enrasado el molde, se procede a levantar de manera lenta y cuidadosamente en dirección vertical.

El concreto moldeado en estado fresco se asentará, la diferencia de altura entre el molde y mezcla fresca se denomina slump.

Tabla 1:

Clases de mezcla según asentamiento

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	METODO DE COMPACTACIÓN
Seca	0" a 2"	poco trabajable	vibración normal
Plástica	3" a 4"	trabajable	vibración ligera chuseado
Fluida	> 5"	muy trabajable	chuseado

Fuente: ABANTO, Tecnología del concreto (2009)

Del mismo modo ABANTO (2009), menciona que “El ensayo solo es aplicable en concretos plásticos, con asentamiento normal (mezclas ricas y con un correcto dosaje de agua). No tiene interés en las condiciones siguientes.” (pág. 49)

- “En el caso de concretos sin asentamiento, de muy alta resistencia.” (pág. 49)
- “Cuando el contenido de agua es menor de 160 lts por m<sup>3</sup> de mezcla.” (pág. 49)
- “En concretos con contenido de cemento inferior a 250 kg/m<sup>3</sup>.” (pág. 49)
- “Cuando existe un contenido apreciable de agregado grueso de tamaño máximo que sobrepasa las 2.5”.” (pág. 49)

### 2.3.3 Agregados del concreto

#### 2.3.3.1 Definición

Según el autor ORTEGA (2015), “Los agregados se clasifican básicamente en dos tipos: agregados gruesos o grava y agregados finos o arenas, los mismos que en su conjunto ocupan del 70 % al 75% del volumen de la masa endurecida. La resistencia y economía del concreto es consecuencia directa de la mejor compactación que los agregados pueden tener, siendo muy importante la granulometría de las partículas”. “El tamaño básico de agregado para un determinado elemento se fijará de acuerdo a varios criterios; en especial, la separación de varillas y la distancia de estas a los encofrados, la altura de las losas, etc.”. (pág. 19)

### **2.3.3.2 Agregado grueso**

Según ABANTO (2009), “Es el material retenido en el tamiz ITINTEC 4.75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc.” (pág. 26)

#### **Gravas**

“Comúnmente llamados canto rodado, es el conjunto de fragmentos pequeños de piedra, provenientes de la disgregación natural de las rocas, por acción del hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.” (pág. 26)

“Cada fragmento ha perdido sus aristas vivas y se presentan en forma más o menos redondeadas”. (pág. 26)

#### **Piedra Partida o Chancada**

“Se denomina así, al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas. Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente.” (pág. 26)

“Su función principal es la de dar volumen y aportar su propia resistencia. Los ensayos indican que la piedra chancada o partida da concretos ligeramente más resistentes que los hechos con piedra redonda.” (pág. 26)

### **2.3.3.3 Agregado fino**

Según el autor ABANTO (2009), “Se define como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm

(3/8”) y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037.” (pág. 23)

### Granulometría

“La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas de arena. La distribución de tamaño de partículas se determina por separación con una serie de mallas normalizadas. Las mallas normalizadas utilizadas para el agregado fino son las N°s 4, 8, 16, 30, 50 y 100.” (pág. 24)

*Tabla 2:*

Límites de granulometría según ASTM

#### LÍMITES DE GRANULOMETRÍA SEGÚN EL A.S.T.M.

MALLA		PORCENTAJE QUE PASA (ACUMULATIVO)		
3/8"	9.5 mm			100
N° 4	4.75 mm	95	a	100
N° 8	2.36 mm	80	a	100
N° 16	1.18 mm	50	a	85
N° 30	600 µm	25	a	60
N° 50	300 µm	10	a	30
N° 100	150 µm	2	a	10

Fuente: ABANTO, Tecnología del concreto, 2009

“Además, la norma prescribe que la diferencia entre el contenido que pasa una malla y el retenido en la siguiente, no debe ser mayor del 45% del total de la muestra. De esta manera, se tiende a una granulometría más regular.” (pág. 25)

#### 2.3.3.4 Tamaño máximo de agregados

Según el autor ABANTO (2009), “El tamaño máximo del conjunto de agregados, está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15% o más, al cribar por ella el agregado más grueso.” (pág. 33)



### 2.3.3.5 Módulo de fineza

Según el autor ABANTO (2009), menciona que “Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos.” (pág. 28,29)

También indica que “El módulo de fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de mallas estándar: 3”, 1 ½”, ¾”, 3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividiendo entre 100.” (pág. 28,29)

### 2.3.3.6 Humedad superficial

Según el autor PASQUEL (1998), “Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado.

Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas.” (pág. 77)

Según ASTM C-566, la humedad se expresa de la siguiente manera:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(\text{Peso original de la muestra} - \text{Peso seco}) \times 100}{\text{Peso seco}}$$

### 2.3.3.7 Absorción de los agregados

Según el autor PASQUEL (1998), “Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.

Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.” (pág. 76)

Según ASTM c-127 y 128 establecen la metodología para su determinación expresada en la siguiente formula:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{(\text{Peso S.S.S} - \text{Peso seco}) \times 100}{\text{Peso seco}}$$

### **2.3.4 Cemento Portland**

#### **2.3.4.1 Definición**

Según el Autor PASQUEL (1998), menciona que el cemento “Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.” (pág. 17)

Según el autor SANCHEZ (2001), “El cemento se define como un material aglomerante el cual posee propiedades como adherencia y cohesión, las cuales permite unir fragmentos minerales entre sí, para formar una mezcla compacta con resistencia y durabilidad adecuadas. Esta definición no solo abarca los cementos propiamente dichos, sino una gran variedad de materiales de cementación tales como las cales, los asfaltos y los alquitranes.” (pág. 27)

#### **2.3.4.2 Componentes del cemento**

Según el autor ABANTO (2009), “El cemento es una mezcla de principalmente cuatro compuestos químicos, los cuales representan más del 90% del peso del cemento.” (pág. 16)

**a) Silicato Tricálcico (C<sub>3</sub>S)**

“Es el encargado de producir alta resistencia inicial del cemento Portland hidratado. La reacción del silicato tricálcico con agua, desprende gran cantidad de calor (calor de hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento es directamente proporcional con el calor de hidratación.” (pág. 16)

**b) Silicato dicálcico (C<sub>2</sub>S)**

“Es el principal causante de la resistencia posterior de la pasta de cemento.” (pág. 16)

**c) Aluminato tricálcico (C<sub>3</sub>A)**

“EL yeso agregado al cemento Portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con el aluminato tricálcico para controlar el tiempo de fraguado.” (pág. 16)

**d) Aluminoferrita tricálcica (C<sub>4</sub>AF)**

“Es semejante al aluminato tricálcico, porque se hidrata con rapidez y solo desarrolla baja resistencia”. (pág. 16)

**2.3.4.3 Características del cemento**

Según el autor ABANTO (2009), menciona que “El cemento Portland es un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se vende en bolsas que tienen un peso neto de 42.5 kg. Y un pie cubico de capacidad. En aquellos casos en que no se conozca el valor real se considerara para el cemento un peso específico de 3.15 g/cm<sup>3</sup>.” (pág. 16)

Tabla 3:

Características de los compuestos de los cementos

**CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPUESTOS DEL CEMENTO**

<b>Propiedad</b>	<b>C3S</b>	<b>C2S</b>	<b>C3A</b>	<b>C4AF</b>
<b>Resistencia</b>	buena	buena	pobre	pobre
<b>Intensidad de reacción</b>	media	lenta	rápida	rápida
<b>Calor desarrollado</b>	medio	pequeño	grande	pequeño
<b>Resistencia a los sulfatos</b>	buena	buena	pobre	media

Fuente: Tecnología del concreto y Mortero, SANCHEZ (2001)

#### 2.3.4.4 Propiedades del cemento

Según el autor SANCHEZ (2001), “Las propiedades físicas y mecánicas del cemento portland permiten complementar las propiedades químicas y conocer algunos otros aspectos de su bondad como material cementante”. (pág. 40)

“Estas propiedades dependen del estado en el cual se encuentre y son medidas a través de ensayos que se pueden clasificar en ensayos sobre el mortero; los cuales determinan las características físicas y mecánicas del cemento antes de ser utilizado. Ellas son:” (pág. 41)

##### ✓ **Peso específico (densidad)**

“Es la relación existente entre la masa de una cantidad dada y el volumen absoluto de esa masa. Su valor varía muy poco y en un cemento portland normal cuando no hay adiciones distintas al yeso, suele estar comprendida entre 3.10 y 3.15 g/cm<sup>3</sup>.” (pág. 41)

##### ✓ **Finura**

“La finura de molido es una de las propiedades físicas más importantes del cemento, ya que está íntimamente ligada a su valor hidráulico” (pág. 41)

“La finura del cemento, tiene una gran influencia sobre sus propiedades, especialmente sobre la velocidad de hidratación, desarrollo de calor, retracción y aumento de resistencia con la edad.” (pág. 42)

“Los cementos con granos muy gruesos se hidratan y endurecen muy lentamente y pueden producir exudación de agua por su escasa capacidad para retenerla. De hecho, la hidratación de los granos de cemento es muy lenta y se estima que la velocidad de hidratación es del orden de 3.5 micras en 28 días, lo cual significa que las partículas relativamente gruesas pueden durar varios años en hidratarse e inclusive no llegar a hidratarse nunca en forma total, quedando en su interior un núcleo anhídrido, lo cual daría un rendimiento pequeño del cemento.” (pág.42)

“Se puede observar entonces que la finura es una propiedad vital del cemento, que tiene que someterse a un control cuidadoso. La medida de la finura, hoy en día, se expresa por el área superficial de las partículas contenidas en un gramo de material, lo cual se denomina superficie específica y se mide en  $\text{cm}^2/\text{g}$ .” (pág. 42)

#### ✓ **Fraguado del cemento**

Según el autor SANCHEZ (2001), “Es el término que se usa para describir el cambio del estado plástico al estado endurecido de una pasta de cemento. Aunque durante el fraguado la pasta adquiere de alguna resistencia, para efectos prácticos es conveniente distinguir el fraguado del endurecimiento, pues este último se refiere al aumento de resistencia de una pasta de cemento fraguada.” (pág. 45)

“Cuando una muestra de cemento se mezcla con cierta cantidad de agua, se forma una pasta plástica; ésta se va perdiendo a medida que pasa el tiempo, hasta llegar un momento en que la pasta pierde viscosidad y se eleva su temperatura; el tiempo transcurrido desde la adición del agua se llama tiempo de fraguado inicial, e indica que

el cemento se encuentra parcialmente hidratado y la pasta semidura. Posteriormente, la pasta sigue fraguando hasta que deja de ser deformable con cargas relativamente pequeñas, se vuelve rígida y llega al máximo de temperatura; el tiempo así transcurrido desde la mezcla con agua se denomina tiempo de fraguado final, el cual indica que el cemento se encuentra más hidratado y la pasta ya está dura. A partir de ese momento empieza el proceso de endurecimiento de la pasta y la estructura del cemento fraguado va adquiriendo resistencia mecánica.” (pág. 45)

“Uno de los métodos para determinar los tiempos de fraguado lo determina la NTP 334.006, mediante la aguja de vicat; el cual consiste en medir la penetración de una aguja de 1mm de diámetro y 300 g de peso, sobre una pasta de consistencia normal a diferentes tiempos. Cuando la penetración de la aguja es de 25 mm, se considera que se ha presentado el fraguado inicial y cuando la aguja deja una ligera huella sobre la superficie de la pasta, sin penetrarla, se considera que se ha presentado el fraguado final” (pág. 45)

Los factores que tienen mayor influencia sobre los tiempos de fraguado son los siguientes:

- “La composición química del cemento.” (pág. 45)
- “La finura del cemento, ya que mientras más finos sean los granos, mayor es la velocidad de hidratación.” (pág. 45)
- “Mientras mayor sea la cantidad de agua de amasado, dentro de ciertos límites, más rápido es el fraguado.” (pág. 45)
- “A menos temperatura ambiente más lentamente ocurren las reacciones de hidratación, a temperaturas por debajo de  $-1^{\circ}\text{C}$  el cemento no fragua.” (pág. 46)

- “A mayor temperatura ambiente más rápidamente ocurren las reacciones de hidratación, pero sobre los 32°C se puede observar un efecto inverso.” (pág. 45)



Figura 4: Aparato de Vicat

Fuente: [https://es.made-in-china.com/co\\_cheerjazz/product\\_Vicat-Needle-Apparatus-for-Cement-Testing\\_hhyneggy.html](https://es.made-in-china.com/co_cheerjazz/product_Vicat-Needle-Apparatus-for-Cement-Testing_hhyneggy.html)

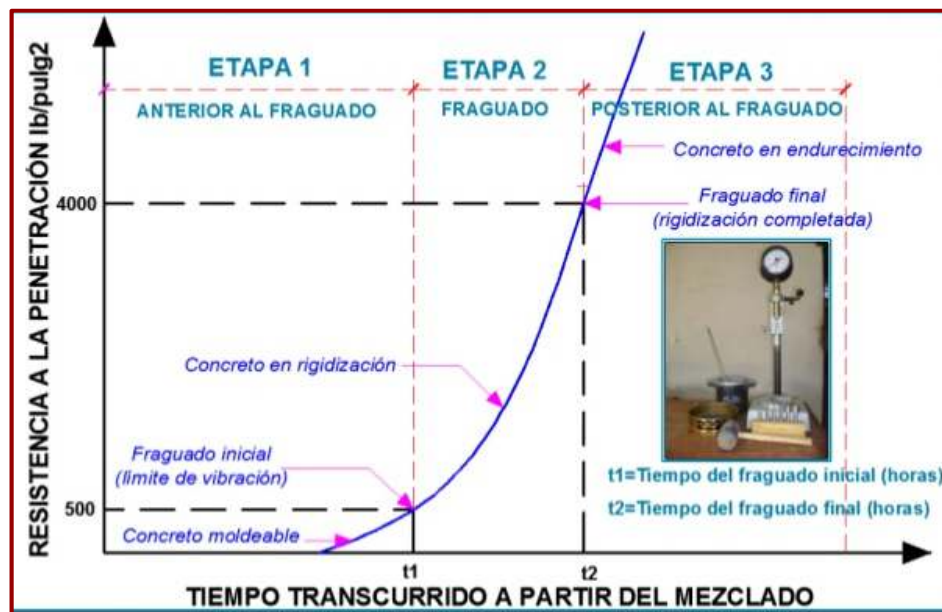


Figura 5: Curva de Fraguado del concreto

FUENTE:

Según el autor NIÑO (2010), refiere que “Los parámetros que mayor incidencia tienen sobre el tiempo de fraguado son: el tipo de cemento utilizado, la temperatura ambiente la del concreto. De tal forma, que el fraguado de un concreto elaborado con

cemento tipo 3 es más rápido. Por otro lado, en climas fríos, el proceso de hidratación del cemento es más lento con el consecuente retardo del tiempo de fraguado, mientras que cuando la temperatura es elevada, se reduce esta duración con un consiguiente aumento de la resistencia a muy temprana edad.” (pág. 117)

#### ✓ **Falso fraguado del cemento**

Según el autor SANCHEZ (2001), “Se da el nombre de falso fraguado a una rigidez prematura y anormal del cemento, que se presenta dentro de los primeros minutos después de haberlo mezclado con agua. Difiere del fraguado relámpago en que no despiden calor en forma apreciable y si se vuelve a mezclar la pasta de cemento sin adición de agua, se restablecen su plasticidad y fraguado normales si pérdida de resistencia.” (pág. 46)

#### **2.3.4.5 Clasificación del cemento**

Según NTP 334.009 (2005), “Los tipos de cementos Portland establecidos en la presente NTP, están clasificados de acuerdo a sus propiedades específicas.”

TIPO I: Para uso general que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo.

TIPO II: Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

TIPO III: Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.

TIPO IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.

TIPO V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.



### 2.3.5 El Agua

#### **Definición**

Según el autor SANCHEZ (2001), define al agua como “El componente del concreto en virtud del cual, el cemento experimenta reacciones químicas que le dan la propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados. Para ello, se clasifica en agua de mezclado y agua de curado.” (pág. 57)

Así mismo clasifica el agua en agua de mezclado y agua de curado.

#### **Agua de Mezclado**

“El agua de mezclado está definida como la cantidad de agua por volumen unitario de concreto que requiere el cemento, contenido en ese volumen unitario, para producir una pasta eficientemente hidratada, con una fluidez tal, que permita una lubricación adecuada de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico.” (pág. 57)

#### **Agua de Hidratación**

“Es una parte del agua original de mezclado que reacciona químicamente con el cemento para pasar a formar parte de la fase sólida del gel. Es llamada también agua no evaporable” (pág. 57)

“El agua que el cemento necesita para su completa hidratación representa, como término medio aproximado, un 23 % de su peso; es decir  $Ah/C=0.23$ .” (pág. 59)

Por otro lado, según el autor ABANTO (2009), menciona que “El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. Las sustancias existentes en el agua deben tener valores máximos admisibles” (pág. 21)

Tabla 4:

Valores máximos permisibles del agua

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
Sólidos en suspensión	5000 ppm
Materia Orgánica	3 ppm
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1000 ppm
Sulfato	600 ppm
Cloruros	1000 ppm
PH	de 5 a 8

Fuente: NTP 339.088

### 2.3.6 Mezclado del concreto

#### 2.3.6.1 Definición

Según el autor KOSMATKA, KERKHOFF, PANARESE, TANESI (2004), refiere que “Todo concreto se debe mezclar completamente hasta que tenga una apariencia uniforme, con todos sus ingredientes igualmente distribuidos. Las mezcladoras no se deben cargar más que sus capacidades y se deben operar en la velocidad de mezclado recomendada por el fabricante. Se puede aumentar la producción con el uso de mezcladoras mayores o con mezcladoras adicionales, pero no a través del aumento de la velocidad de mezclado de la sobrecarga del equipo con el cual se cuenta. Si las palas, aspas o paletas de la mezcladora se vuelven desgastadas o recubiertas con concreto endurecido, el mezclado va a ser menos eficiente.

Si el concreto fue adecuadamente mezclado, las muestras tomadas de diferentes porciones de la mezcla van a tener esencialmente la misma densidad, contenido de aire, revenimiento (asentamiento) y contenido de agregado grueso. Las diferencias máximas permitidas en la evaluación de la uniformidad de la revoltura del concreto premezclado se encuentra en la ASTM C94 (AASHTO M157).” (pág. 218)

Según el autor ABANTO (2009), “El mezclado del concreto tiene por finalidad cubrir la superficie de los agregados con la pasta de cemento, produciendo una masa homogénea.” (pág. 223)

### 2.3.6.2 Equipos usados

Según el autor ABANTO (2009), “El equipo empleado en el mezclado de concreto son mezcladoras de ejes horizontales y ejes verticales que existen de diferentes capacidades, las más empleadas son aquellas de tamaño medio entre 6 pie<sup>3</sup> y 16 pie<sup>3</sup>.” (pág. 223).



Figura 6: Mezcladora de eje Vertical y horizontal

Fuente: Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto SENCICO (2017) Pág. 14



Figura 7: Mezcladora de eje horizontal tipo tolva

Fuente: Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto SENCICO (2017) Pág. 15

Actualmente está incursionando notablemente el concreto premezclado, los cuales son usados principalmente en vaciados masivos usando mezcladoras tipo MIXER con bombas de concreto.

### **2.3.6.3 Procedimientos para cargar la mezcladora**

Según el autor ABANTO (2009), “Generalmente se acepta que se coloque inicialmente en el tambor una pequeña porción de agua de mezcla, aproximadamente 10%, añadiendo luego los materiales solidos (piedra, cemento, arena, en este orden) conjuntamente con el 80% del agua. El 10% restante se termina de introducir cuando todos los materiales se encuentran en la mezcladora.” (pág. 223)

Por otra parte, en el manual de preparación de concreto SENCICO (2014), refiere que “Primero se agregue 50% de agua, ingrese todo agregado grueso, luego toda la arena, agregue 30% más de agua, coloque todo el cemento y finalmente ajuste la fluidez deseada con el 20% del agua restante.” (pág. 24)

Mientras que en la Norma E-060 en el numeral 5.3.1 refiere que “cada tanda debe ser cargada en la mezcladora de manera tal que el agua comience a ingresar antes que el cemento y los agregados. El agua continuara fluyendo por un periodo, el cual puede prolongarse hasta finalizar la primera cuarta parte del tiempo de mezclado especificado.”

### **2.3.6.4 Tiempo de mezclado del concreto**

Según ASTM C 94 Y LA NORMA E-060, refieren que el tiempo de mezclado no debe ser menor de 90 segundos luego del momento en que el 100 % de materiales estén en el tambor.

Según el autor ABANTO (2009), menciona que “La duración del mezclado se establece a partir del instante en que los componentes del concreto, incluyendo el agua, están en el tambor, hasta la descarga misma.” (pág. 223)

“El tiempo de mezclado depende en gran parte de la eficiencia de la mezcladora, pero un tiempo de minuto y medio se considera satisfactorio.” (pág. 223)

### 2.3.7 Curado del concreto

Según el autor KOSMATKA, KERKHOFF, PANARESE, TANESI (2004), “El curado es la manutención de la temperatura y del contenido de humedad satisfactorios, por un periodo de tiempo que empieza inmediatamente después de la colocación y del acabado, para que se puedan desarrollar las propiedades deseadas en el concreto. Siempre se debe enfatizar la necesidad de curado pues tiene una fuerte influencia sobre las propiedades del concreto endurecido, o sea, el curado adecuado hace que el concreto tenga mayor durabilidad, resistencia, impermeabilidad, resistencia a la abrasión, estabilidad dimensional, resistencia a la congelación-deshielo y a descongelantes.” (pág. 261)

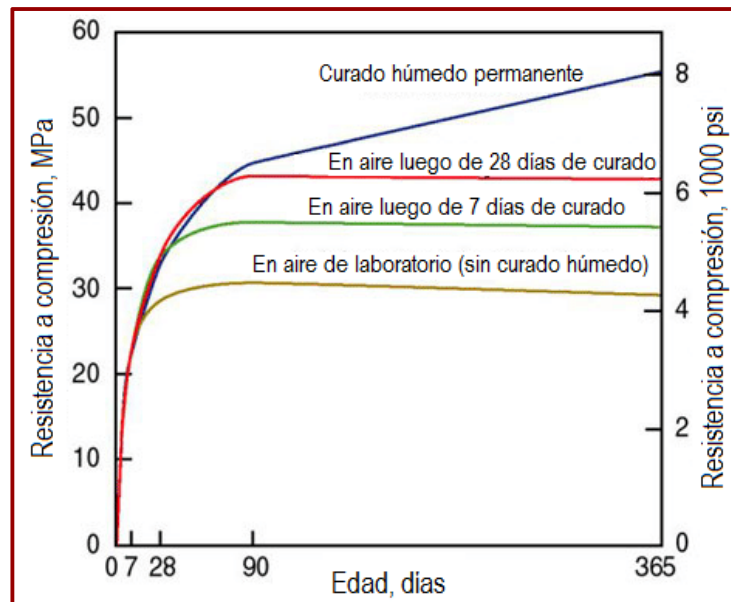


Figura 8: Desarrollo de la resistencia del concreto según el curado

Fuente: kosmatka, Kerkhoff, Panarese, Tanesi (2004)

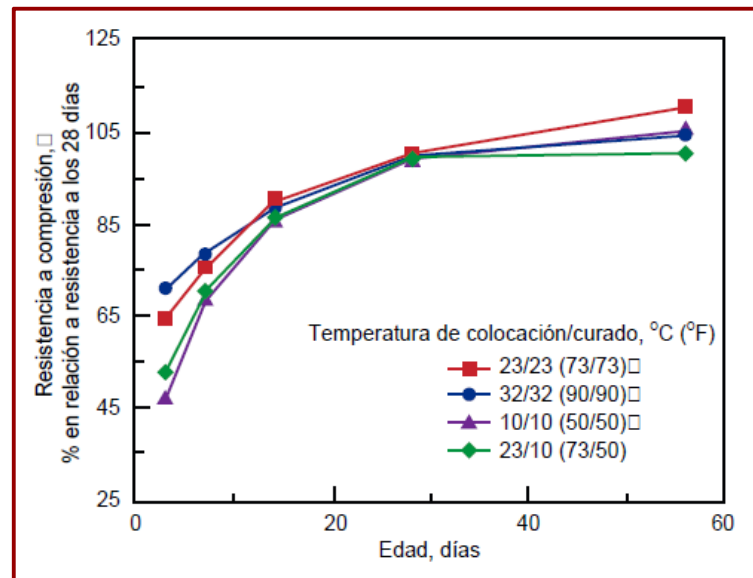


Figura 9: Desarrollo de la resistencia del concreto según temperatura  
Fuente: kosmatka, Kerkhoff, Panarese, Tanesi (2004)

Según la NTP 339.183, refiere que para prevenir que el agua se evapore del concreto no endurecido, los especímenes se deben cubrir inmediatamente después de finalizado el moldeado, recomendable con un material no absorbente, no reactivo o con una lámina de plástico resistente, impermeable y durable. Los especímenes deben ser almacenados inmediatamente después del acabado, hasta que se remuevan de los moldes para de esta manera prevenir la pérdida de humedad.

Así mismo, menciona que el desmoldado de los especímenes serán después de 24 h  $\pm$  8 h después del vaciado.

Los especímenes deberán ser curados a temperatura de 23 °C  $\pm$  2 °C, desde el tiempo de moldeo, hasta el momento del ensayo. El almacenamiento durante las primeras 48 horas de curado se hará en un ambiente libre de vibración.

Según el autor ABANTO (2009) refiere que “El curado 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 al agua (hidratación de cemento).

Si el concreto seca muy rápidamente se producen rajaduras superficiales y además se le impide alcanzar la resistencia especificada. Los agentes más perjudiciales son el sol y el viento, debe evitarse que estos lleguen al concreto fresco.

El concreto alcanza el 70% de su resistencia especificada a los 7 días del vaciado. La resistencia final del concreto depende en gran manera de las condiciones de humedad y temperatura durante este periodo inicial. El 30% o más de la resistencia, puede perderse por un secado prematuro del concreto o si la temperatura baja a 5°C o menos durante un largo tiempo después del descenso de temperatura. La congelación del concreto fresco puede reducir su resistencia en 50%.” (pág. 235)

Así mismo ABANTO menciona que “El momento en que debe iniciarse el curado es tan pronto como sea posible sin causar maltrato a la superficie del concreto.” (pág. 239)

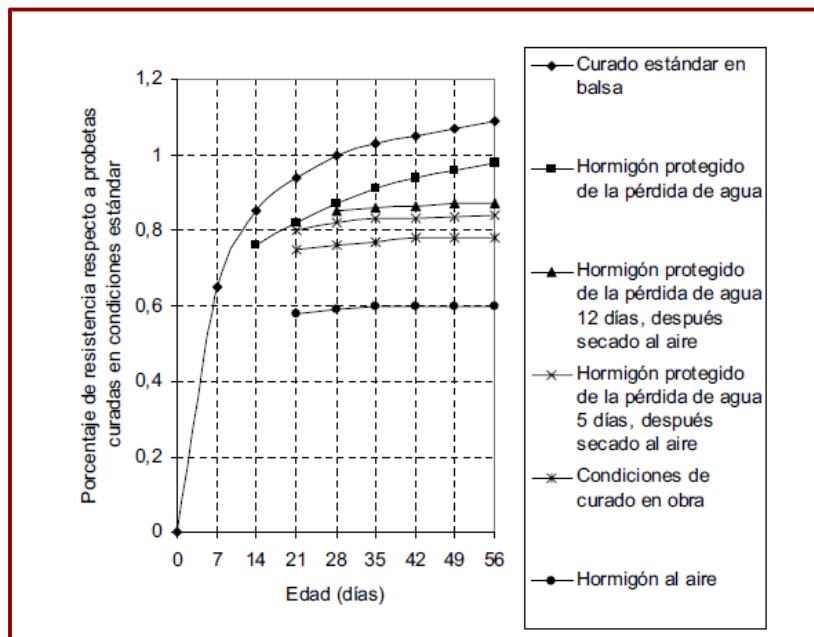


Figura 10: Efecto del curado en la resistencia

Fuente: PAPER, Estimación de la resistencia a compresión del hormigón mediante el muestreo, extracción y rotura de probetas testigo. REVUELTA, GUTIERREZ.

### 2.3.8 Resistencia del concreto

#### 2.3.8.1 Definición

Según el autor SANCHEZ (2001), refiere que “Hasta hoy en día no se ha encontrado una ley general que sea válida para describir el comportamiento del concreto bajo todos los estados de esfuerzo a que es sometido en una estructura. Sin embargo, como la resistencia a la compresión simple es su característica más importante, a partir de ella se estudian otras propiedades como su resistencia a la tracción, módulo de elasticidad y resistencia al corte, entre otras.” (pág. 127)

También menciona que “La resistencia del concreto se determina por la cantidad neta de agua utilizada por cantidad unitaria de cemento, para un conjunto dado de materiales y de condiciones. Esto es lo que se conoce hoy en día como relación agua-cemento, la cual está dada en peso.” (pág. 127)

“Así mismo de lo anterior fue que Duff Abrams, en el año de 1918, formulo su conocida ley, según la cual, para los mismos materiales y condiciones de ensayo, la resistencia de un concreto completamente compactado, a una edad dada es inversamente proporcional a la relación agua-cemento.” (pág. 127)

$$R=A/B^{\alpha}$$

Dónde:

R es la resistencia media a la compresión en kg/cm<sup>2</sup>.

A y B son constantes empíricas que dependen de la calidad y tipo de cemento, las propiedades de los agregados, los aditivos y las condiciones de ensayo.

$\alpha$  es la relación agua-cemento en peso.



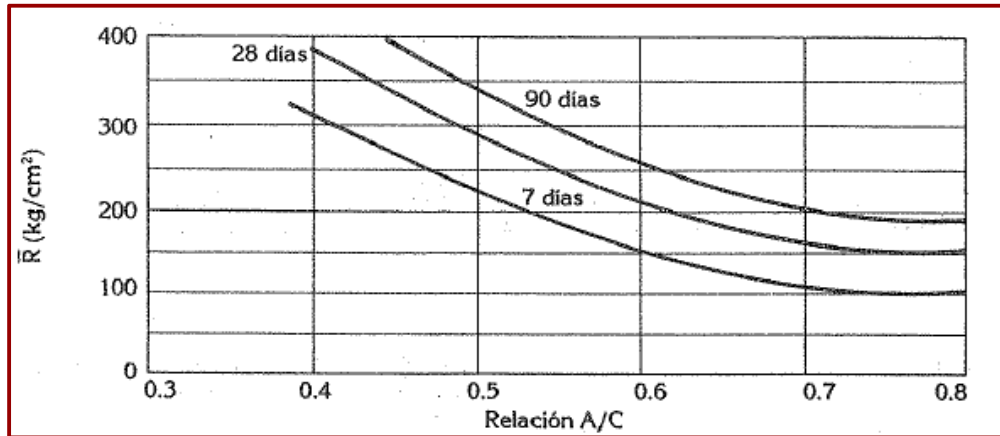


Figura 11: Curva típica de correspondencia

Entre la resistencia media a la compresión y la relación agua-cemento del concreto a diferentes edades  
Fuente: Tecnología del concreto y del mortero, SANCHEZ (2001)

### 2.3.8.2 Naturaleza de la resistencia del concreto

SANCHEZ (2001) menciona que “El concreto es una masa endurecida que por su propia naturaleza es discontinua y heterogénea. El cemento hidratado, es en sí mismo una masa semicristalina discontinua, con un elevado grado de porosidad, que contiene agua libre y agua no evaporable, deja micro poros y canales capilares continuos en gel de cemento, los cuales se convierten posteriormente en medios para intercambio de humedad entre el concreto y el ambiente que lo rodea.

Por otra parte, la presencia de agregados incide notablemente en la heterogeneidad, debido a la diversidad de tamaños, textura superficial y geometría de las partículas. Todo esto es lo que hace imposible lograr una adherencia perfecta entre la pasta de cemento y cada una de las partículas del agregado, aunque se disponga de condiciones ideales de mezclado. Sin embargo, esta heterogeneidad del concreto y su naturaleza discontinua son ventajosas, debido a que proporcionan la cuasi ductilidad y los mecanismos de disipación de energía esenciales para un material de construcción bajo cargas estáticas y dinámicas.” (pág. 129)

Así mismo, refiere que la resistencia del concreto principalmente rige por la resistencia e interacción de sus fases constituyentes.

- La resistencia de la pasta hidratada y endurecida.
- La resistencia de las partículas del agregado.
- La resistencia de la interface matriz-agregado.

Consecuentemente, son muchos factores que interrelacionan la resistencia de las fases individuales, con la resistencia del material compuesto y la resistencia de la interface de adherencia.

### **2.3.8.3 Factores que influyen en la resistencia del concreto**

Entre los múltiples factores que afectan la resistencia del concreto en su estado endurecido, al margen de la calidad y tipo de materiales constituyentes, para unas propiedades dadas de sus componentes en una mezcla trabajable y bien colocada, resaltan las siguientes:

- Contenido de cemento
- Relación agua-cemento y contenido de aire.
- Influencia de los agregados.
- Fraguado del concreto.
- Curado del concreto.
- Temperatura de fraguado y curado.

#### **2.3.8.4 Resistencia a la compresión**

El autor SANCHEZ (2001), menciona que “La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto, dada la importancia que reviste esta propiedad, dentro de una estructura convencional de concreto reforzado. La forma de expresarla es, en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm<sup>2</sup> y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (p.s.i.). La equivalencia que hay entre los dos es que 1 p.s.i. es igual a 0.07 kg/cm<sup>2</sup>. Aunque hoy en día se ha acogido expresarla en Mega-Pascales (MPa), de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades.

La forma de evaluar la resistencia del concreto es mediante pruebas mecánicas que pueden ser destructivas, para lo cual se toman muestras y se hacen especímenes para fallar, o no destructivas, las cuales permiten probar repetidamente la muestra de manera que se pueda estudiar la variación de la resistencia u otras propiedades con el paso del tiempo. Para las primeras, se utilizan tres tipos de muestras; cilindros, cubos y prismas. Para las segundas hay diferentes sistemas.” (pág. 138)

#### **2.3.8.5 Ensayos de cilindros - compresión**

SANCHEZ (2001), menciona que “El ensayo más reconocido universalmente para ejecutar las pruebas de resistencia mecánica a la compresión simple es el ensayo de probetas cilíndricas, las cuales se funden en moldes especiales de acero o fierro fundido que tienen 150 mm de diámetro por 300 mm de altura.” (pág. 1398)

Los procedimientos referidos a este ensayo se encuentran especificados en la NTP 339.034.

Tabla 5:

Porcentaje de volumen estimado de resistencia a la compresión con curado húmedo

Edad del concreto (días)	1	3	7	14	28	90
Resistencia $f'_c$ (%)	16	40	65	90	99	120

Fuente: NTP

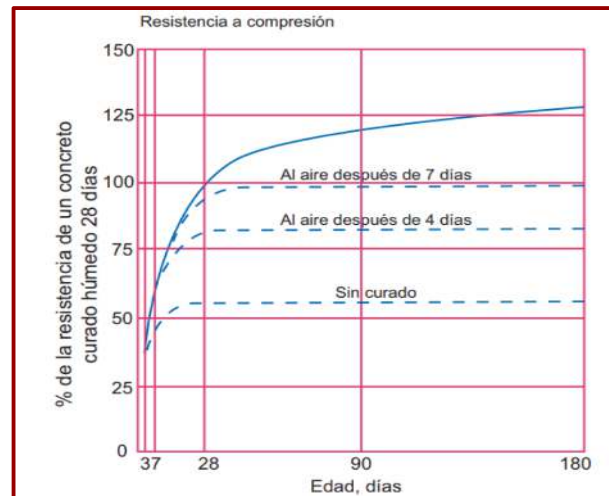


Figura 12: Porcentaje de la evolución de la resistencia del concreto normal con curado húmedo  
Fuente: Kosmatka and Panarese 1988

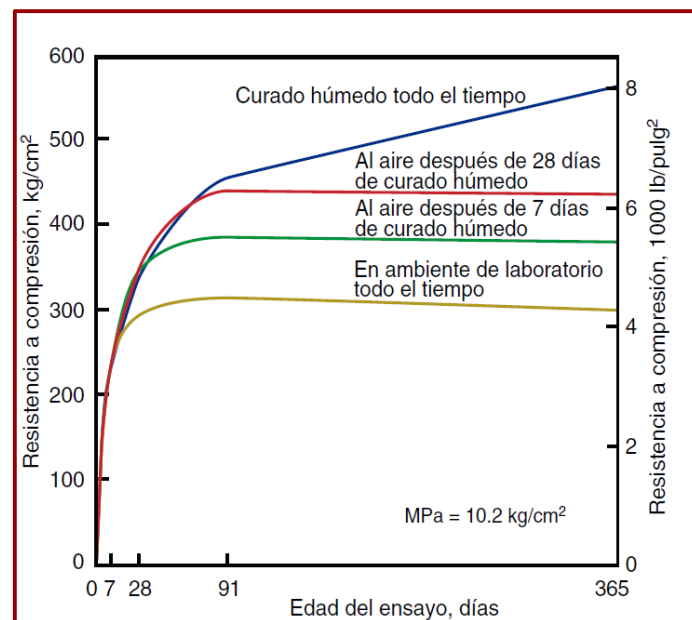


Figura 13: Porcentaje de evolución de la resistencia del concreto normal con distintos curados  
Fuente: Kosmatka, Kerkhoff, Panarese y Tanesi (2004)

La NTP 339.183 refiere que, las edades para los ensayos para la resistencia a compresión, son generalmente a 7 y 28 días, y para la resistencia a flexión son a 14 y 28 días. Los testigos elaborados con cemento tipo III serán ensayados a 1,3, 7 y 28 días.

La NTP 339.034 menciona que “Si el radio de la rotura del equipo de ensayo es menor que el radio mayor de la probeta que va ser ensayada, la porción de la cara de rotura extendida más allá de la rótula tendrá un espesor no menor que la diferencia entre el radio de la rótula y el radio de la probeta. La menor dimensión de la cara de rotura será al menos de la misma dimensión que el diámetro de la rótula.”

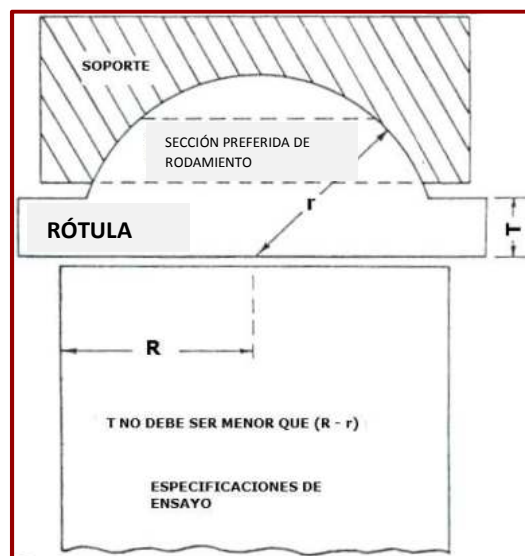


Figura 14: Rótula típica de abertura

Fuente: NTP 339.034 (pág.8)

### 2.3.8.6 Ensayo de Flexión y Tracción directa

SANCHEZ (2001), Refiere que “Otra de las características mecánicas del concreto en estado endurecido, que reviste importancia, es su resistencia a la flexión, especialmente en estructuras de concreto simple, tales como pavimentos, en donde adicionalmente aparecen esfuerzos de tracción ocasionados por la flexión de las placas, al paso de los vehículos.” (pág. 141)

“Por otra parte, el concreto posee muy baja resistencia a la tracción y por tanto esta propiedad no se tiene en cuenta en el diseño de estructuras convencionales. Sin embargo, la tracción tiene importancia en el agrietamiento del concreto, debido a la restricción de la contracción inducida por secado o por disminución de la temperatura.” (pág. 41)

“La resistencia de flexión del concreto se determina ensayando vigas de sección cuadrada de 500 mm de longitud por 150 mm de lado, elaboradas y curadas de acuerdo a las normas ASTM C-192 Y C-31” (pág. 141)

“El ensayo descrito en la norma ASTM C-78 consiste en apoyar las vigas a 2.5 cm como mínimo de sus extremos, con una luz de 45 cm y cargarlas en dos puntos situados en los tercios medios de la luz. El esfuerzo máximo de flexión se denomina módulo de rotura (MR) y se calcula según formula 6.6 cuando la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz libre de la viga.” (pág. 141)

$$MR = \frac{PL}{bd^2}$$

Donde:

$MR$  = Modulo de rotura del concreto, en Kg/cm<sup>2</sup>.

$P$  = Carga máxima aplicada en kg.

$L$  = Luz libre entre apoyos en cm.

$b$  = Ancho de la viga en cm.

$d$  = Altura de la viga en cm.

Si la falla ocurre por fuera del tercio medio de la viga, pero no está separada de el por más de una longitud equivalente al 5% de la luz libre, el módulo de rotura debe ser calculado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$MR = \frac{3Pa}{bd^2}$$

Donde:

$a$  = distancia entre la línea de rotura y el apoyo más próximo, medida a lo largo del eje longitudinal de la cara inferior de la viga, en cm.

“La resistencia a la tracción es difícil de medir por medio de ensayos directos, debido a las dificultades para montar las muestras y las incertidumbres que existen sobre los esfuerzos secundarios inducidos por los elementos que sujetan las muestras.” (pág. 142)

“Para evitar este problema, L. Carneiro y A. Bercellos desarrollaron en el Brasil un método indirecto llamado “Tensión indirecta” o ensayo brasilero en honor a ellos, aunque independientemente también se desarrolló en el Japón. En este método, la resistencia a la tracción (T) es determinada cargando a compresión el cilindro convencional de 15 x 30 cm a lo largo de dos líneas diametralmente opuestas (acostado). La norma ASTM C-496, a estandarizado este ensayo y la resistencia a la tracción indirecta se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$T = \frac{2P}{\pi Ld}$$

Donde:

T : Resistencia a la tracción indirecta en Kg/cm<sup>2</sup>

P : Carga máxima aplicada en kg

L : Longitud del cilindro en cm

d : Diámetro del cilindro en cm

### **2.3.8.7 Resistencia a la abrasión**

SANCHEZ (2001) refiere: “La resistencia del concreto a la abrasión se define como la habilidad de la superficie para resistir el desgaste producido por fricción, frotamiento, raspaduras o percusiones.” (pág. 158)

Además, menciona que “La resistencia a la abrasión es difícil de valorar, ya que la acción perjudicial varía según sea la causa exacta del daño y no hay ningún método de prueba que sea satisfactorio para evaluar todas las condiciones a pesar de que existen métodos como los de las normas ASTM C-944, C-779 y c-418, en los cuales se emplean diversos procedimientos. Por ello el mejor criterio para la selección de un concreto como factor principal de su resistencia a la abrasión.” (pág. 159,160)

Según el autor KOSMATKA, KERKHOFF, PANARESE Y TANESI (2004), menciona que “Los resultados de los ensayos indican que la resistencia a la abrasión está fuertemente relacionada con la resistencia a compresión del concreto. Un concreto con mayor resistencia a compresión tiene más resistencia a abrasión que el concreto con menor resistencia a compresión.” (pág. 12)

#### **2.3.8.8 Resistencia a la meteorización**

SANCHEZ (2001), “La desintegración del concreto por meteorización es producida por las dilataciones y contracciones que resultan al presentarse variaciones de temperatura y cambios de humedad, por la acción del sol, el viento, la lluvia, el clima, etc.

#### **2.3.8.9 Resistencia al fuego**

SANCHEZ (2001), “En general, el concreto tiene buenas propiedades de resistencia al fuego; es decir, el periodo de tiempo bajo fuego durante el cual el concreto mantiene un comportamiento satisfactorio, es relativamente alto y no hay emisión de humos tóxicos. Cuando el concreto que protege el refuerzo de un elemento estructural queda expuesto a la acción del fuego, este introduce altos gradientes de temperatura y, en consecuencia, las capas superficiales calientes tienden a separarse y descascararse desde la parte interior de la masa, que está más fría. Esto es altamente influido por el grado de



humedad. Una excesiva humedad en el momento del fuego es la primera causa del descascaramiento. Si el concreto está en equilibrio higrométrico con el aire no hay descascaramiento.” (pág. 161-162)

### 2.3.8.10 Permeabilidad

Según el autor KOSMATKA, KERKHOFF, PANARESE Y TANESI (2004), refiere que “La permeabilidad es la cantidad de agua que migra a través del concreto, mientras que el agua está bajo presión o la habilidad del concreto en resistir a la penetración del agua u otra sustancia (líquidos, gases o iones). (pág. 10)

“La permeabilidad de la pasta es particularmente importante pues la pasta cubre todos los componentes en el concreto. La permeabilidad es afectada por la relación agua-cemento, grado de hidratación del cemento y periodo de curado húmedo. Un concreto de baja permeabilidad requiere una relación agua-cemento baja y un periodo de curado adecuado.” (pág. 10-11)

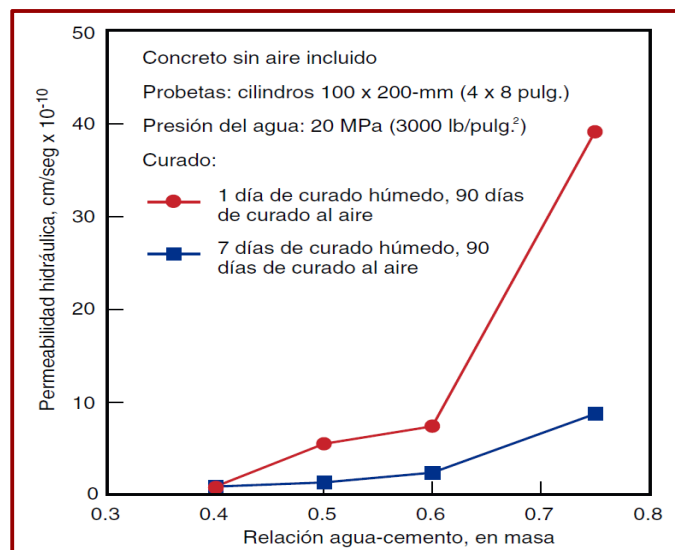


Figura 15: Relación de permeabilidad hidráulica

Fuente: KOSMATKA, KERKHOFF, PANARESE Y TANESI (2004)

### 2.3.9 Diseño de mezclas

#### 2.3.9.1 Definición

Según el autor PORRERO, RAMOS, GRASES, VELAZCO (2003), menciona que “El diseño de mezcla es un procedimiento por el cual se determinan cantidades que debe tener cada uno de los componentes que integran la mezcla de concreto, para así lograr un buen comportamiento de estos, tanto en estado plástico como endurecido del concreto.” (pág. 123)

Para el autor SANCHEZ (2001), “El diseño de mezclas es un proceso que consiste en la selección de los ingredientes disponibles y la determinación de sus cantidades relativas para producir, tan económicamente como sea posible, concreto requerido con el grado de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las propiedades de resistencia, durabilidad, peso unitario, estabilidad de volumen y apariencia adecuadas. Estas proporciones dependen de las propiedades y características de los ingredientes usados, de las propiedades particulares del concreto especificado, y de las condiciones particulares bajo las cuales el concreto será producido y colado.” (pág. 221)

#### 2.3.9.2 Procedimiento

Según el método ACI-211, en la medida de lo posible, la selección de las proporciones de la mezcla del concreto debe estar basada en datos de ensayo o experiencia con los materiales que realmente se van a utilizar. La secuencia del procedimiento de diseño de mezclas basado en el método de ensayo y error, es la siguiente:

- Selección del asentamiento
- Selección del tamaño máximo del agregado
- Estimación del contenido de aire

- Estimación del contenido de agua de mezclado
- Determinación de la resistencia de diseño
- Selección de la relación agua-cemento
- Calculo del contenido de cemento
- Estimación de las proporciones de agregados
- Ajuste por humedad de los agregados
- Ajuste a las mezclas de prueba

#### 1.- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Según el Autor SANCHEZ (2001), menciona que “Las primeras consideraciones que se deben tomar en cuenta para especificar una consistencia determinada en el concreto fresco, son el tamaño de la sección que se va construir y la cantidad y espaciamiento del acero de refuerzo. Es claro que cuando la sección es estrecha y complicada, o cuando hay numerosas esquinas o partes inaccesibles, el concreto debe tener una alta manejabilidad, de modo que pueda lograrse la mejor compactación posible con una cantidad razonable de esfuerzo.” (pág. 227)

“El segundo aspecto que se debe considerar son las condiciones de colocación, ya que hoy en día existen múltiples sistemas de vaciado como el bombeo, las bandas transportadoras, el tubo-embudo tremie y las pavimentadoras, entre otros, que requieren de una mayor o menor plasticidad de la mezcla, lo cual, como es sabido, depende en gran parte del contenido de finos.” (pág. 227)

Tabla 6:

Asentamientos recomendados

Consistencia	Asentamiento (mm)	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
Muy seca	0-20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación	Con vibradores de formaleta; concretos de proyección neumática (lanzado)	Secciones sujetas a vibración extrema, puede requerirse presión
Seca	20-35	Pavimentos	Pavimentadoras con terminadora vibratoria	Secciones sujetas a vibración intensa
Semi-seca	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple	Colocación con máquinas operadoras manualmente	Secciones simplemente reforzadas con vibración
Media	50-100	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas	colocación manual	Secciones medianamente reforzadas, sin vibración
Húmeda	100-150	Elementos estructurales esbeltos	Bombeo	Secciones bastante reforzadas, sin vibración
Muy húmeda	150 o más	Elementos muy esbeltos, pilotes fundidos "in situ"	Tubo-embudo Tremie	Secciones altamente reforzadas, sin vibración. (Normalmente no adecuados para vibrarse)

Fuente: Tecnología del concreto y del mortero Sánchez (2001)

## 2.- SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Según el autor ABANTO (2009), “Los concretos con mayor tamaño de agregados, requieren menos mortero por unidad de volumen de concreto que tamaños menores.

El tamaño máximo del agregado deberá ser el mayor que sea económicamente compatible con las dimensiones de la estructura; en la medida en que el tamaño máximo del agregado grueso nunca sea mayor de:” (pág. 64)

- 1/5 de la medida más angosta entre las caras del encofrado.

- 1/3 del espesor de las losas.

- 3/4 de la distancia libre entre barras o paquetes de barras o cables pretensores.

“En caso en que la trabajabilidad y los métodos de consolidación sean lo suficientemente buenos como para que el concreto sea colocado sin cangrejas, las 3 limitaciones anteriores pueden ser más flexibles. Como ya se ha mencionado anteriormente, para una relación agua-cemento dada, la reducción en el tamaño máximo del agregado nos lleva a un incremento en la resistencia del concreto.” (pág. 65)

### 3.- ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

Según el autor SANCHEZ (2001), “Sugiere que, si el concreto no va tener aire intencionalmente incluido, no se tome en consideración la cantidad de aire naturalmente atrapado indicado por la tabla, ya que la cantidad es tan pequeña que más bien puede convertirse en un factor de seguridad, también pequeño, en favor del volumen unitario del concreto. En cuanto a los niveles recomendados de aire intencionalmente incluido, es obvio que si deben tomarse en cuenta.” (pág. 232-233)

Tabla 7:

Cantidad aproximada de aire esperado en concreto sin aire incluido y niveles de aire incluido para diferentes tamaños máximos de agregado

Tamaño máximo nominal del agregado		Contenido de aire en porcentaje (por volumen)			
mm	pulg.	Naturalmente atrapado	Exposición ligera	Exposición moderada	Exposición severa
9.51	3/8	3	4.5	6	7.5
12.7	1/2	2.5	4	5.5	7
19	3/4	2	3.5	5	6
25.4	1	1.5	3	4.5	6
38.1	1 1/2	1	2.5	4.5	5.5
50.8	2	0.5	2	4	5
76.1	3	0.3	1.5	3.5	4.5
152	6	0.2	1	3	4

Fuente: Tecnología del concreto y del mortero SANCHEZ (2001)

Según el autor ABANTO (2009), refiere que “Concretos con aire incorporado, deberá siempre usarse para estructuras expuestas a ciclos de congelación y deshielo y generalmente para estructuras expuestas al agua de mar o sulfatos.” (pág. 66)

#### 4.- ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA DE MEZCLADO

Según SANCHEZ (2001), “El agua de mezclado cumple dos funciones principales en una mezcla de concreto: una es hidratar las partículas de cemento, y la otra, producir fluidez necesaria. De otra parte, la cantidad de agua de mezclado por volumen unitario de concreto, que se requiere para producir un asentamiento determinado, depende del requerimiento de agua del cemento y del requerimiento de agua del agregado, así como el contenido de aire.” (pág. 233)

Tabla 8:

Requerimiento aproximado de agua de mezclado para asentamientos y tamaños máximos de agregado, en concretos sin aire incorporado.

Asentamiento		Tamaño máximo del agregado, en mm (pulg.)							
		9.51 3/8"	12.7 1/2"	19.0 3/4"	25.4 1"	38.1 1 1/2"	50.8 2"	64.0 2 1/2"	76.1 3"
mm	pulg	Agua de mezclado, en Kg/m <sup>3</sup> de concreto							
0	0	223	201	186	171	158	147	141	132
25	1	231	208	194	178	164	154	147	138
50	2	236	214	199	183	170	159	151	144
75	3	241	218	203	188	175	164	156	148
100	4	244	221	207	192	179	168	159	151
125	5	247	225	210	196	183	172	162	153
150	6	251	230	214	200	187	176	165	157
175	7	256	235	218	205	192	181	170	163
200	8	260	240	224	210	197	186	176	168

Fuente: Tecnología del concreto y del mortero SANCHEZ (2001)

#### 5.- SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO

Según el autor SANCHEZ (2001), “El concreto debe diseñarse y producirse para asegurar una resistencia a la compresión promedio ( $f'_{cr}$ ) lo suficientemente alta para minimizar la frecuencia de resultados de pruebas de la resistencia por debajo del valor de

la resistencia a la compresión especificada del concreto ( $f'c$ ). La resistencia a la compresión promedio o resistencia del diseño de la mezcla es calculada de la expresión siguiente:”) (pág. 235)

$$f'_{cr} = f'c + (t\sigma)$$

Donde:

$f'_{cr}$  = Promedio requerido de resistencia o resistencia de diseño de la mezcla.

$f'c$  = Resistencia especificada del concreto

$t$  = Constante que depende de la proporción de pruebas que puede caer por debajo del valor de  $f'c$  y el número de muestras usadas para hallar el valor de  $\sigma$ .

$\sigma$  = Valor pre estimado de la desviación estándar en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

También el autor SANCHEZ (2001), refiere que “Si no hay registros de pruebas de resistencia en donde se usaron materiales y condiciones similares a aquellas que sean empleadas, la resistencia de diseño de la mezcla  $f'_{cr}$  en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  se debe determinar de acuerdo a la siguiente tabla.” (pág. 237)

Tabla 9:

Resistencia requerida de diseño cuando no hay datos que permitan determinar la desviación estándar

Resistencia especificada $f'c$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Resistencia de diseño de mezcla $f'_{cr}$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
Menos de 210 $\text{kg}/\text{cm}^2$	$f'c + 70 \text{ kg}/\text{cm}^2$
De 210 $\text{kg}/\text{cm}^2$ a 350 $\text{kg}/\text{cm}^2$	$f'c + 85 \text{ kg}/\text{cm}^3$
Más de 350 $\text{kg}/\text{cm}^2$	$f'c + 100 \text{ kg}/\text{cm}^4$

Fuente: tecnología del concreto y del mortero, SANCHEZ (2001)

## 6.- SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO

Según el autor SANCHEZ (2001), “Debido a que la resistencia del concreto se rige principalmente por la resistencia e interacción de sus fases constituyentes: pasta, agregado e interfaces de adherencia pasta-agregado, es común que los diferentes

agregados y cementos produzcan resistencias distintas con la misma relación agua-cemento. Por esta razón, es importante conocer o desarrollar la correspondencia entre la resistencia y la relación agua-cemento, para cada grupo de materiales en particular y para diferentes edades.” (pág. 237)

Según ABANTO (2009), “La relación agua-cemento requerido es determinada teniendo en consideración no solamente la resistencia sino también factores como durabilidad y propiedades de acabado del concreto.” (pág. 66)

Tabla 10

: Relación agua-cemento y resistencia a la compresión

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS ( $f'_{cr}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	RELACIÓN AGUA-CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORP.	CONCRETO CON AIRE INCORP.
450	0.38	-----
400	0.43	-----
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: tecnología del concreto ABANTO (2009)

## 7.- CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Según ABANTO (2009), “La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado dividido entre la relación agua-cemento.” (pág. 69)

$$\text{Contenido de cemento (en } \frac{kg}{m^3} \text{)} = \frac{\text{agua de mezclado (} \frac{kg}{m^3} \text{)}}{\text{relacion } \frac{a}{c} \text{ (para } f'_{cr} \text{)}}$$



## 8.- ESTIMACIÓN DE LAS PROPORCIONES DE AGREGADOS

Agregado grueso. - Según ABANTO (2009), menciona que “Los agregados del mismo tamaño máximo y granulometría, producirán concreto de satisfactoria trabajabilidad, cuando un volumen dado de agregado grueso seco y compactado, es empleado por unidad de volumen de concreto.” (pág. 70)

“El peso seco del agregado grueso por metro cubico de concreto, en base al volumen seco y compactado del mismo, es igual al valor obtenido de la tabla, multiplicado por el peso seco y compactado del agregado grueso.” (pág. 70)

$$\text{Cantidad de agregado grueso (en kg)} = \left[ \text{Volumen de agregado grueso de tabla (en m3)} \right] \times \left[ \text{Peso unitario seco y compactado del agregado grueso (en kg/m3)} \right]$$

Tabla 11:

Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO	Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza de agregado fino.				
	MODULO DE FINEZA DEL AGREG. FINO				
	2.40	2.60	2.80	3.00	-
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44	-
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53	-
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6	-
1"	0.71	0.69	0.67	0.65	-
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7	-
2"	0.78	0.76	0.74	0.72	-
3"	0.81	0.79	0.77	0.75	-
6"	0.87	0.85	0.83	0.81	-

Fuente: Tecnología del concreto ABANTO (2009)

\* Los volúmenes de agregado grueso mostrado, está en condición seca y compactada, tal como se describe en la norma ASTM C29

Agregado fino. – Según BANTO (2009), “Existen 2 métodos para la determinación del contenido de agregado fino, ambos se basan en el hecho de que una vez concluido la

estimación del agregado grueso., todos los ingredientes a excepción del agregado fino son conocidos por metro cubico de concreto, pudiendo hallarse el mismo por diferencia, empleando el método de los pesos o el método de los volúmenes.” (pág. 71-72)

$$\text{Peso del agregado fino (en kg)} = \text{Peso del concreto (en kg)} - \left[ \text{Peso del agregado grueso (en kg)} + \text{Peso del cemento (en kg)} + \text{Peso del agua de mezclado (en kg)} \right]$$

#### a) Método de los pesos

Según el autor ABANTO (2009), menciona que “Generalmente el peso unitario del concreto fresco es conocido con relativa aproximación de experiencias previas con los materiales a ser utilizados en obra.” (pág. 72)

La fórmula para calcular el peso del concreto fresco por metro cúbico es:

$$P.U. = 10 \gamma_{ag} (100-A) + C (1 - \gamma_{ag}/\gamma_{ce}) - W (\gamma_{ag}-1)$$

Donde:

$$P.U. = \text{Peso del concreto fresco en kg/m}^3$$

$\gamma_{ag}$  = Peso Específico Promedio de la combinación de Agregado fino y grueso en condiciones S.S.S.

$\gamma_{ce}$  = Peso específico del cemento generalmente 3.15.

A = Contenido de aire en porcentaje

W = Agua de mezclado requerido, en Kg/ m<sup>3</sup>

C = Cantidad de cemento requerido, en Kg/m<sup>3</sup>

Tabla 12:

Primera estimación del peso del concreto fresco

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO	PRIMERA ESTIMACIÓN DEL PESO DEL CONCRETO EN Kg/m <sup>3</sup>	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
3/8"	2285	2190
1/2"	2315	2235
3/4"	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375
3"	2465	2400
6"	2505	2435

Fuente: Tecnología Del Concreto ABANTO (2009)

#### b) Método de los Volúmenes Absolutos

Según ABANTO (2009), “un procedimiento más exacto para el cálculo de cantidad de agregado fino por metro cubico de concreto, implica el empleo de los volúmenes desplazados por los ingredientes o volúmenes absolutos de los mismos. En este caso el volumen absoluto del agregado fino es igual a la diferencia entre el volumen unitario de concreto y la suma de los volúmenes absolutos de los ingredientes ya conocidos (cemento, agua, aire, agregado grueso)”. (pág. 72-73)

El volumen absoluto que ocupa el concreto por cualquier ingrediente; es equivalente a su peso dividido por su peso específico.

$$\text{Volumen} = \text{Peso seco} / \text{Peso específico}$$

#### 9.- AJUSTE POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

ABANTO (2009), “Generalmente los agregados utilizados en la preparación de un concreto, se encuentran húmedos por lo cual sus pesos secos se incrementan en el porcentaje de agua de mezclado añadida a la colada, debe ser reducida en una cantidad

igual a la humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal el contenido total de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.” (pág. 74)

Por tanto:

$$\text{Agregado Grueso} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad Total} = W \% \\ \% \text{ absorción} = a_g \% \end{array} \right.$$

$$\text{Agregado Fino} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad Total} = W \% \\ \% \text{ absorción} = a_f \% \end{array} \right.$$

$$\text{Peso del A.G. húmedo (kg)} = (\text{peso del A.G. seco (kg)}) \times W_g \%$$

$$\text{Peso del A.F. húmedo (kg)} = (\text{peso del A.F. seco (kg)}) \times W_f \%$$

$$\text{Agua en agregado grueso} = (\text{peso del A.G. seco (kg)}) \times (W_g \% - a_g \%)$$

$$= X \text{ Kg}$$

$$\text{Agua en agregado fino} = (\text{peso del A.F. seco (kg)}) \times (W_f \% - a_f \%)$$

$$= Y \text{ Kg}$$

$$\text{Agua neta o efectiva} = \text{Agua de diseño (kg)} - (X+Y)$$

## 10.- AJUSTES DE LAS MEZCLAS DE PRUEBA

Según ABANTO (2009), “Las proporciones de la mezcla, calculadas siguiendo estas recomendaciones deben ser comprobadas, para lo cual se prepara mezclas de ensayo o de prueba con los materiales a ser empleados en obra, de acuerdo a la norma ASTM C192, o el empleando tandas reales preparadas en obra.”. (pág. 75)

“Se verificarán en estos ensayos las condiciones de trabajabilidad, adecuada ausencia de segregación y buen acabado, debiendo ajustar si es necesario las proporciones de la siguiente manera:” (pág. 75)

a.- “La cantidad de agua de mezclado necesaria para obtener el mismo asentamiento que el de la mezcla de prueba, deberá ser igual a la cantidad neta de agua de mezclado empleada, dividida por el rendimiento de la mezcla de prueba en  $m^3$ . Si el asentamiento de la mezcla de prueba no fue el correcto, se debe incrementar o disminuir el contenido de agua estimada de  $2 \text{ lt}/m^3$  de concreto por cada incremento o disminución de 1 cm en el asentamiento deseado” (pág. 75)

b.- “Para ajustar por el efecto de un contenido de aire incorrecto en una mezcla de prueba de un concreto con aire incorporado, se debe incrementar o reducir el contenido de agua de mezclado del acápite anterior en  $3 \text{ lt}/m^3$  de concreto por cada 1% en que debe reducirse o incrementarse el contenido de aire respecto al de mezcla de prueba previa.” (pág. 75)

c.- “El peso unitario estimado nuevamente del concreto fresco para el ajuste de proporciones de la mezcla para prueba, es igual al peso unitario en  $kg/m^3$ , medido en la mezcla de prueba, reducido o incrementado por el porcentaje de incremento o disminución del contenido de aire de la mezcla ajustada respecto a la primera mezcla de prueba.” (pág. 76)

d.- “Deben calcularse nuevos pesos de mezcla, comenzando con el paso N° 4, si es necesario se modificará el volumen del agregado grueso de la tabla N° 5 para obtener una trabajabilidad apropiada.” (pág. 76)

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### 3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación será CORRELACIONAL, debido a que acosa el grado de relación entre las variables.

Según HERNANDEZ (2014), en el libro “METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN” menciona que “Este tipo de estudio tiene como finalidad la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones solo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables” (pág.93)

##### 3.1.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación fue el EXPERIMENTAL, debido a que la variable independiente se manipulo intencionalmente para obtener resultados de muestra.

Según HERNANDEZ (2014), el diseño de la investigación es “El plan o estrategia concebida para obtener la información que se dese con el fin de responder al planteamiento del problema” (pág.128).

“Una acepción particular del experimento, más armónica con un sentido científico del término, se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador” (pág.129).



Figura 16: Esquema de experimento y variables  
Fuente: Hernández (2014)

### 3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Según Niño (2011), en el libro “METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN. DISEÑO Y EJECUCIÓN” menciona que, “Cuando tenemos las intenciones de determinar el objeto de estudio, es necesario iniciar con la identificación de la población que se va a analizar, la cual está constituida por la totalidad de un conjunto de elementos, los cuales pueden formar parte del ámbito de la investigación” (pág.55).

La población de estudio en la presente investigación está determinada por los testigos de concreto elaborados con agregados de la cantera de Huancayo dentro de la ciudad de Huancayo.

### 3.3. TAMAÑO DE MUESTRA

Según HERNANDEZ (2014), menciona que “La muestra en si es un subgrupo de la población. Se puede definir como un subconjunto de elementos que pertenecen al conjunto, los cuales contienen las características determinadas de lo que llamamos población”. (pág.175)

La muestra está conformada por testigos de concretos preparados con agregados del río Mantaro ubicados en la cantera de tres de diciembre.

Se tomarán una muestra de 44 testigos, los cuales serán sometidos a ensayos de resistencia a la compresión.

### 3.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Según el autor NIÑO (2011). “Se les llaman técnicas a los procedimientos específicos, que, en desarrollo de la metodología, serán aplicados en la investigación para recoger la información o datos requeridos por el investigador”. (pág.61)

En la presente investigación se obtuvieron los datos:

- Los agregados se obtuvieron de la cantera y planta chancadora TRES DE DICIEMBRE.
- Luego de la obtención de los agregados se procedió a llevarlo al laboratorio de mecánica de materiales.
- Se procede a realizar los ensayos y estudios requeridos para obtener las propiedades del material y así realizar el diseño de mezcla  $f' = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con el cual podremos obtener la dosificación respectiva.
- Se procede a realizar las muestras de testigos de concreto con intervalos de tiempo de mezclado de 20 segundos para un primer rango de estudio, otro con intervalos de tiempo de 20 minutos para un segundo rango de estudio.
- Se procede a realizar las pruebas de roturas de los testigos de concreto a los 7 y 28 días para su análisis de resultados.

Para el procesamiento de la información en el presente estudio, se contempló en tres secuencias:

- En una primera etapa se realizó la recolección de información general, recolección y revisión de investigaciones realizadas con anterioridad, así como también textos,



expedientes, búsquedas en la web, visitas a biblioteca de la Universidad, consulta con los asesores de tesis y otros relacionados con el tema. Esta etapa se concluye con la aprobación del proyecto de tesis por parte de la Universidad Peruana Del Centro, Facultad de Ing. Civil.

- En la segunda etapa la elección de la cantera de donde se obtuvieron los agregados con los cuales se van a desarrollar el diseño de mezcla en el laboratorio de mecánica de materiales.
- En la etapa final se realiza el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados que fueron obtenidos en los ensayos resultados a los testigos de concreto.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

##### 4.1.1. Análisis de los resultados

##### 4.1.1.1. Diseño de mezcla

Los agregados que se utilizó para el presente estudio fueron de la cantera del rio Mantaro, procesados por la planta chancadora ubicada en Tres de Diciembre, cuyas coordenadas de ubicación UTM son: N 8661902; E 0 474183

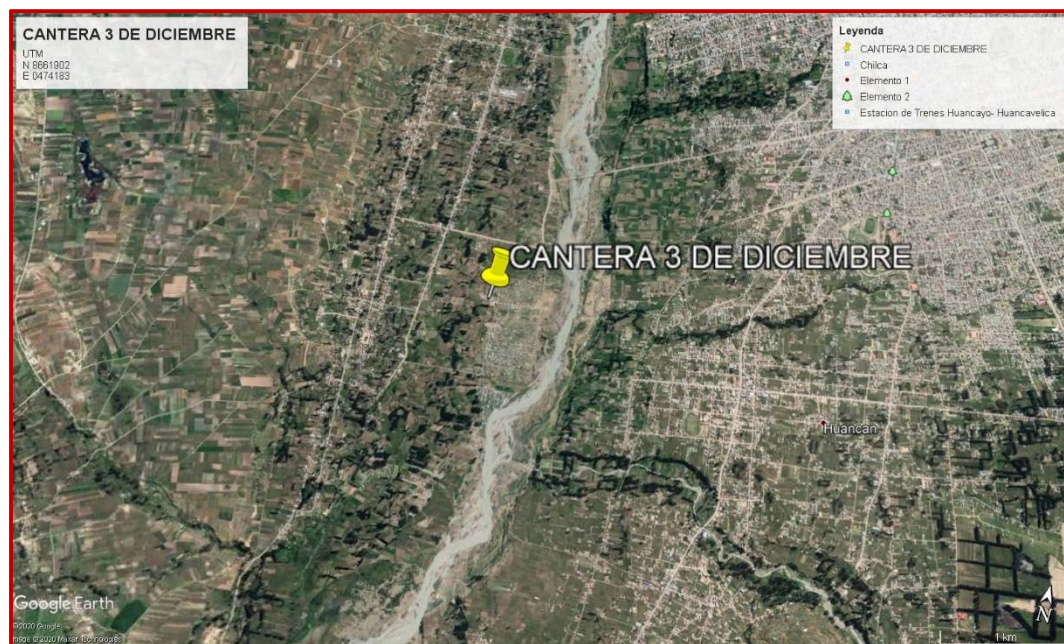


Figura 17: Ubicación de la Cantera tres de diciembre

### Laboratorio de mecánica de suelos y concreto

El Laboratorio Geotécnico CONSEDIS, fue el encargado de realizar el diseño de mezcla; para lo cual, se tuvo que llevar una muestra del agregado grueso y fino al laboratorio para ser analizados del cual fuimos partícipes.

La fabricación de las briquetas y los ensayos de compresión se realizaron en el laboratorio de concreto de la Empresa CONCRETERA JUNIN, quien nos facilitó sus equipos e instalaciones.



*Figura 18:* Instalaciones del laboratorio de la Concretera Junín

### Características de materiales utilizados

Agregado fino	:	Arena gruesa
Agregado Grueso	:	Piedra chancada de ¾"
Cemento	:	Cemento Portland T-1 (Andino)
Agua	:	Agua Potable del laboratorio

### Análisis granulométrico del agregado fino

Según la NTP 400.012, en concordancia con la ASTM C 136, consiste en dado un determinado volumen, determinar la distribución de los agregados, para lo cual se emplean una serie de tamices, los cuales son ordenados según su abertura de mayor a menor y una vez que son distribuidos, se realizan los registros del peso retenido en cada tamiz, con ello se realiza la gráfica de una tabla logarítmica, seguidamente compararlos con el huso granulométrico según corresponda y finalmente se determina el módulo de fineza.

Los equipos empleados son:

- Balanza con una aproximación de 0.1 gr para el agregado fino y con una aproximación de 0.5 gr para el agregado grueso.
- Tamiz para agregado fino de 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200; y para el agregado grueso serán: 3/4", 1 1/2", 3/4", 3/8", y #4.
- Recipientes de capacidad 5 kg.
- Cocina, estufa u Horno.

*Tabla 13:*

Cantidad mínima de muestra de ensayo del agregado grueso

Tamaño máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la muestra de ensayo Mínimo Kg (lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 1/2)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/2)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: NTP 400.012

Según la NTP 400.012, para este ensayo las muestras del agregado fino después de ser secadas al horno, deben tener un mínimo de 300 gr.

Para pesar el agregado fino, esta debe estar totalmente seca.

Se ordenan los tamices en forma decreciente: 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200 y la base; seguidamente se vierte el agregado fino en la parte superior para proceder al tamizado por un periodo suficiente.

Se calcula el porcentaje que pasa en cada uno de los tamices, aproximando al 0.1 % de la masa seca inicial.

Se procede a calcular el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de cada uno de los tamices y dividirlos entre 100:  $\mu\text{m}$  (#100); 300  $\mu\text{m}$  (#50); 600  $\mu\text{m}$  (#30); 1.18mm (#16); 2.36 mm (#8); 4.75 mm (#4); 9.5 mm (3/8"); 19.0 mm (3/4"); 37.5 mm (1/ 1/2") y 3".



Figura 19: Tamizado de los agregados fino y grueso





Figura 20: Tamizado de los agregados fino y grueso

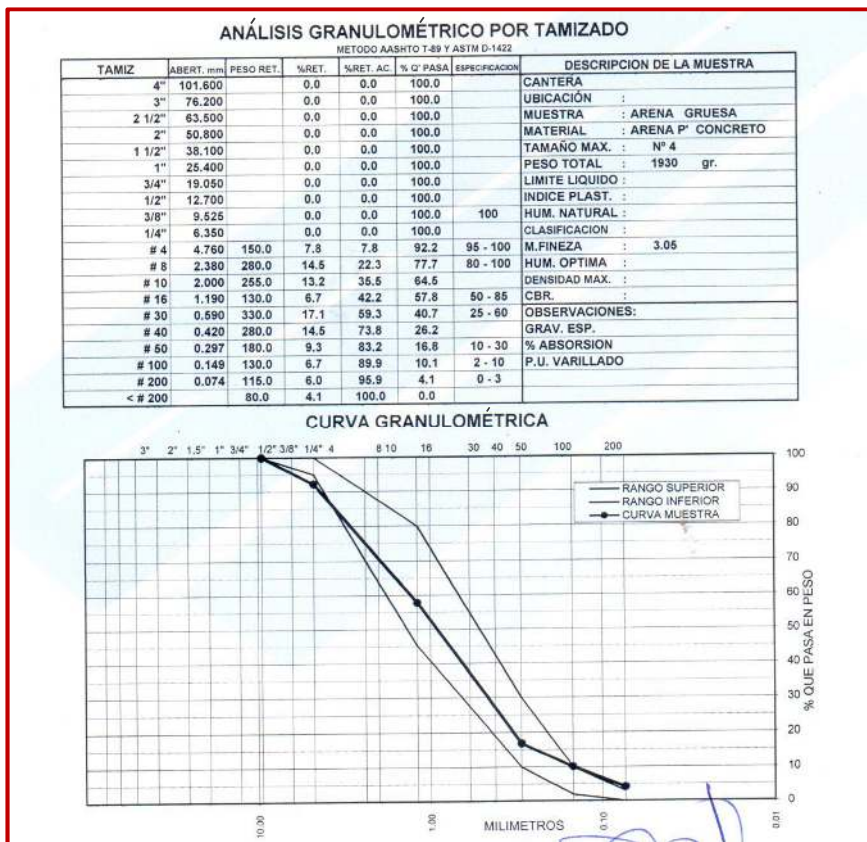


Figura 21: Análisis granulométrico por tamizado y curva granulométrica del agregado fino.

Para hallar el módulo de fineza, se realiza la sumatoria de las mallas indicadas en el método y se divide entre 100.

$$M_f = \frac{0+0+0+0+7.8+22.3+42.2+59.3+83.2+89.9}{100}$$

$$M_f = \frac{304.7}{100} = 3.05$$

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600		0.0	0.0	100.0		CANTERA : TRES DE DICIEMBRE
3"	76.200		0.0	0.0	100.0		UBICACION :
2 1/2"	63.500		0.0	0.0	100.0		MUESTRA : 1
2"	50.800		0.0	0.0	100.0		MATERIAL : PIEDRA
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0		TAMAÑO MAX. : 3/4"
1"	25.400		0.0	0.0	100.0	100	PESO TOTAL : 2000 gr.
3/4"	19.050	150	7.5	7.5	92.5	90 - 100	LIMITE LIQUIDO :
1/2"	12.700	830	41.5	49.0	51.0	20 - 55	INDICE PLAST. :
3/8"	9.525	750	37.5	86.5	13.5	0 - 15	HUM. NATURAL :
1/4"	6.350	270	13.5	100.0	0.0		CLASIFICACION :
# 4	4.760	0	0.0	100.0	0.0	0 - 5	M.FINEZA :
# 8	2.380	0	0.0	100.0	0.0		HUM. OPTIMA :
# 10	2.000	0	0.0	100.0	0.0		DENSIDAD MAX. :
# 16	1.190	0.0	0.0	100.0	0.0		CBR. :
# 30	0.590	0.0	0.0	100.0	0.0		OBSERVACIONES :
# 40	0.420	0.0	0.0	100.0	0.0		
# 50	0.297	0.0	0.0	100.0	0.0		
# 100	0.149	0.0	0.0	100.0	0.0		
# 200	0.074	0.0	0.0	100.0	0.0	MAX. 1.0	
< # 200		0	0.0	100.0	0.0		

### CURVA GRANULOMÉTRICA

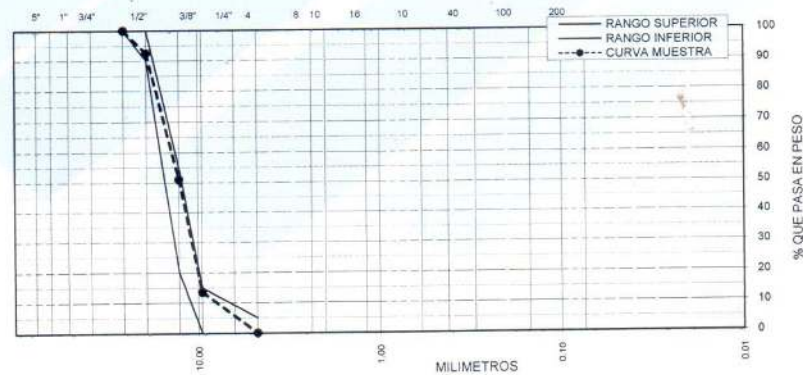


Figura 22: análisis granulométrico por tamizado y curva granulométrica del agregado grueso.

$$M_f = \frac{0+0+7.5+86.5+100+100+100+100+100+100}{100}$$

$$M_f = \frac{694}{100} = 6.94$$

### Peso específico y absorción de los agregados

Según la referencia normativa NTP 400.022, en concordancia con la norma ASTM C 128, el mencionado ensayo determina los pesos específicos para con ello determinar los volúmenes absolutos de los agregados.

Los resultados obtenidos en el ensayo fueron:

*Tabla 14:*

Obtención del peso unitario de los agregados

	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Gravedad Específica	2.54	2.63
% de Absorción	1.25	1.33
Peso Unitario	1891	1766

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 23:* Obtención del peso saturado superficialmente seco





*Figura 24:* Obtención del porcentaje de absorción del agregado fino.



*Figura 25:* Obtención del porcentaje de absorción del agregado grueso

### Diseño de mezcla

Existen diversos tipos de métodos para la realización de diseños de mezcla; sin embargo, todos ellos deberán estar respaldados por con pruebas en laboratorio.

Tabla 15:

Datos obtenidos en laboratorio

	<b>AGREGADO FINO</b>	<b>PIEDRA CHANCADA</b>
Gravedad Específica	2.54	2.63
Módulo de Fineza	3.05	
% de Absorción	1.25	1.33
Peso Unitario	1891	1766

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16: Valores de diseño

Tamaño máximo de A/G	$\frac{3}{4}$ "
Asentamiento SLUMP	3" - 6"
Relación A/C	6.00 gal/bol.
Factor cemento	$56.00/6.00 = 9.33 \text{ bol./m}^3$
Aire Atrapado	0.01
Piedra Chancada	$1766 \times 0.59 = 1041.94 \text{ kg/m}^3$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17: Volúmenes absolutos de los agregados

Cemento	$9.33 \times 42.5/3.15/1000$	0.126
Agua	$6.00 \times 3.785 / 1000$	0.023
Aire Atrapado	0.01	0.010
Piedra Chancada	$1041.9 / 2.63 / 1000$	<u>0.396</u>
		0.555
Volumen agreg. fino	$1.000 - 0.555$	<u>0.445</u>
		1.000 m <sup>3</sup>
Peso agreg. Fino seco suelto: $0.445 \times 2.54 \times 1000$		1125.85 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18:

Cantidad de materiales por m<sup>3</sup>

Cemento	9.33 * 42.5	396.67 kg.
Agua	56.00 * 3.785	211.96 lt.
Agreg. fino		1,125.85 kg.
Piedra Chancada		1,041.94 kg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19:

Expresión de las proporciones en peso

<u>396.67</u>	<u>1,125.85</u>	<u>1,041.94</u>	<u>211.96</u>
396.67	396.67	396.67	396.67
1.00	2.84	2.63	0.53

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20:

Cantidad de materiales por bolsa

Cemento		42.50 kg.
Agua	0.53 x 42.5	22.53 lt.
Agreg. Fino	2.84 x 42.5	120.70 kg.
Piedra Chancada	2.63 x 42.5	111.78 kg.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21: Conversión de P3 a m<sup>3</sup>

Peso Agreg. fino	1,891 / 35	54.03 kg.
Peso Piedra Chancada	1,766 / 35	50.46 kg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22: Dosificación en volumen

Cemento	42.50 / 42.50	1.00 p3
Agregado fino	120.70 / 54.03	2.23 p3
Piedra Chancada	111.78 / 50.46	2.22 p3

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.1.2. Ensayo de Abrasión del agregado grueso

En los agregados gruesos una de las propiedades físicas en los cuales su importancia y su conocimiento es indispensable en el diseño de mezclas es la RESISTENCIA A LA ABRASIÓN O DESGASTE de los agregados. Esta es importante, porque con ella conoceremos la durabilidad y la resistencia que tendrá el concreto. El ensayo que se aplicó da a conocer del agregado grueso el porcentaje de desgaste que este sufrirá en condiciones de roce continuo de las partículas, de acuerdo a la NTP 400.019.

Tabla 23:

Resultados de Ensayo de Abrasión del Agregado Grueso

IDENTIFICACIÓN					
MUESTRA	.01.				
Profundidad	..				
Graduación	A				
Peso Inicial	5000				
Peso Mat. Ret. Malla N° 12 gr.	3490				
Peso Mat. Pasa Malla N° 12 gr.	1510				
Porcentaje Desgaste (%)	30.20				
EL ENSAYO SE REALIZA CON APLICACIÓN DE 12 ESFERAS					
PORCENTAJE DE DESGASTE:		Muestra Nro. 01 = 30.20			

Fuente: Laboratorio Geotécnico CONSEDIS

Según el ensayo realizado en el Laboratorio Geotécnico CONSEDIS, se obtuvo el 30.20 % de desgaste del agregado grueso (Piedra Chancada)

#### 4.1.1.3. Agua usada en la fabricación del concreto

Según la NTP 339.088, el agua Potable es considerada como agua de mezcla en el concreto sin ensayarla; por lo que, para el presente estudio se utilizó AGUA POTABLE en la realización de todos los testigos de concreto.

#### 4.1.1.4. Ensayo de Tiempo de fraguado del cemento

Según la referencia normativa NTP 334.006 indica el procedimiento del ensayo con la aguja de vicat:

Se llena el molde de Vicat con la pasta de cemento de consistencia normal. Se introducen el molde lleno y la placa base en el contenedor, se añade agua de manera que la superficie de la pasta esté sumergida, al menos, 5 mm, y se almacena en la cámara o recinto de temperatura controlada a  $(20,0 \pm 1,0)$  °C.

Después de un tiempo adecuado, el molde, la placa base y el contenedor se llevan al aparato de Vicat y se sitúan debajo de la aguja. Se baja la aguja despacio hasta que entre en contacto con la pasta. Se espera en esta posición entre 1 s y 2 s, con el fin de evitar una velocidad inicial o aceleración forzada de las partes móviles. Se sueltan rápidamente las partes móviles y la aguja debe penetrar verticalmente en la pasta. Se lee la escala cuando haya terminado la penetración, o 30 s después de la liberación de la aguja, lo que ocurra primero.

Se anota la lectura de la escala, que indica la distancia entre el extremo de la aguja y la placa base, junto con el tiempo desde el instante cero. Se repite el ensayo de penetración sobre la misma probeta en posiciones convenientemente separadas, a no menos de 8 mm del borde del molde, o 5 mm entre ellas, y al menos a 10 mm de la última posición, a intervalos de tiempo convenientemente espaciados, por ejemplo 10 min. Entre los sucesivos ensayos de penetración, se mantiene la probeta en la cámara o

recinto de temperatura controlada. Se limpia la aguja de Vicat inmediatamente después de cada penetración. Si se tiene que hacer el ensayo de final de fraguado se conserva la probeta.

**El tiempo de principio de fraguado** del cemento, es el tiempo transcurrido entre el tiempo cero y el tiempo en el cual la distancia entre la aguja y la placa base es  $(6 \pm 3)$  mm, medido al minuto más cercano con una aproximación de 5 min.

### **Determinación del tiempo de final de fraguado**

Se invierte el molde lleno utilizado sobre su placa base, de modo que los ensayos de final de fraguado se efectúan sobre la cara de la probeta que originalmente está en contacto con la placa base. Se sumerge el molde y la placa base en el contenedor y se almacena en la cámara o recinto de temperatura controlada a  $(20,0 \pm 1,0)$  °C.

Tras un tiempo adecuado, se coloca el contenedor, el molde y la placa base bajo la aguja del aparato de Vicat. Se baja la aguja despacio hasta que entre en contacto con la pasta. Se espera en esta posición entre 1 s y 2 s, con el fin de evitar una velocidad inicial o aceleración forzada de las partes móviles. Se sueltan rápidamente las partes móviles y la aguja debe penetrar verticalmente en la pasta. Se lee la escala cuando haya terminado la penetración, o 30 s después de la liberación de la aguja, lo que ocurra primero.

Se repite el ensayo de penetración sobre la misma probeta en posiciones convenientemente separadas, a no menos de 8 mm del borde del molde, o 5 mm entre ellas, y al menos a 10 mm de la última penetración, a intervalos de tiempo convenientemente espaciados, por ejemplo, a intervalos de 30 min. Entre las sucesivas penetraciones, se mantiene la probeta en la cámara o recinto de temperatura controlada.

Se limpia la aguja de Vicat inmediatamente después de cada penetración. Se anota el tiempo transcurrido desde el instante cero hasta el momento en el que la aguja penetra, por primera vez, **sólo 0,5 mm en la pasta**. Este es el tiempo al cabo del cual el accesorio anular marca la probeta por primera vez, pudiéndose aumentar la precisión reduciendo el intervalo de tiempo entre penetraciones cerca del tiempo de final de fraguado. El tiempo de final de fraguado se debe confirmar repitiendo la medida en otras dos posiciones.

Se anota el tiempo transcurrido entre el tiempo cero y el momento en el que la aguja penetra solamente 0,5 mm en la probeta como el **tiempo de final de fraguado** con una aproximación de 15 min.

Para nuestra presente investigación se usó cemento portland tipo 1, de la marca ANDINO, cuyo tiempo de fraguado mediante el aparato de vicat es de 116 minutos para un tiempo de fraguado inicial y de 285 minutos para un tiempo de fraguado final.

Contenido de sílice	%	5,08	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0,281	Máximo 0,300
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	361	Mínimo 280
Densidad	g/ml	3,15	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	274	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	340	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	440	Mínimo 285*
<b>Tiempo de fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	116	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	285	Máximo 325
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	1,93	Máximo 6,0
SO <sub>3</sub>	%	2,68	Máximo 3,0
Pérdida al fuego	%	1,40	Máximo 3,0
Residuo insoluble	%	0,69	Máximo 1,5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	15,51	No específica
C <sub>3</sub> S	%	87,35	No específica
C <sub>4</sub> A	%	7,09	No específica
C <sub>3</sub> A	%	10,61	No específica
<b>Alcalis Equivalentes</b>			
Contenido de alcalis equivalentes	%	0,47	Requisito opcional, máximo 0,50
<b>Resistencia a los Sulfatos</b>			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	100,00	100% máx. a 180 días
*Requisito opcional			

Figura 26: Tiempo de fraguado del cemento portland T-1 Andino

#### 4.1.1.5. Obtención de testigos de concreto

Para la obtención de los especímenes de concreto, se hizo uso el laboratorio de la Empresa Concretera Junín SAC, haciendo uso de los equipos disponible tales como:

Mezcladora de concreto, moldes cilíndricos de 30 cm de alto por 15 cm de diámetro, carretilla, varilla con punta ovalada. Herramientas manuales.

Se codifico cada especimen para llevar un correcto control de los mismos



Figura 27: Elaboración de los testigos de concreto

#### Numero de especímenes

La Norma E-060 menciona que dos especímenes como mínimo deberán ser moldeados para cada edad.

Los especímenes se realizaron teniendo en cuenta las normativas referidas por lo que se realizaron 44 muestras, en dos rangos de estudio, en un primer rango de 0 a 90 segundos, con intervalos de 20 segundos, y un segundo rango de 1.5 minutos a 120 minutos con intervalos de 20 minutos.





Figura 28: Especímenes de concreto

### Tiempo de mezclado

El tiempo de mezclado del concreto según los intervalos determinados fueron:

RANGO : 1

TIEMPO DE MEZCLADO : 10s, 30s, 50s, 70s, 90s

TABLA 24:

Registro del tiempo de mezclado en el rango 1

RANGO 1			
Cod. testigo de concreto	Fecha de elab. Del testigo	Tiempo de mezclado (segundos)	Hora de fab. Del testigo
R1-01-10	23/06/2020	10	10:40
R1-02-10	23/06/2020		10:40
R1-03-10	23/06/2020		10:40
R1-04-10	23/06/2020		10:40
R1-05-30	23/06/2020	30	11:00
R1-06-30	23/06/2020		11:00
R1-07-30	23/06/2020		11:00
R1-08-30	23/06/2020		11:00
R1-09-50	23/06/2020	50	11:20
R1-10-50	23/06/2020		11:20
R1-11-50	23/06/2020		11:20
R1-12-50	23/06/2020		11:20
R1-13-70	23/06/2020	70	11:40
R1-14-70	23/06/2020		11:40
R1-15-70	23/06/2020		11:40
R1-16-70	23/06/2020		11:40
R1-17-90	23/06/2020	90	12:00
R1-18-90	23/06/2020		12:00
R1-19-90	23/06/2020		12:00
R1-20-90	23/06/2020		12:00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25:

Registro del tiempo de mezclado en el rango 2

<b>RANGO 2</b>			
<b>Cod. testigo de concreto</b>	<b>Fecha de elab. Del testigo</b>	<b>Tiempo de mezclado (minutos)</b>	<b>Hora de fab. Del testigo</b>
R2-01-1.5	23/06/2020	1.5	12:00
R2-02-1.5	23/06/2020		12:00
R2-03-1.5	23/06/2020		12:00
R2-04-1.5	23/06/2020		12:00
R2-21-20	24/06/2020	20	10:00
R2-22-20	24/06/2020		10:00
R2-23-20	24/06/2020		10:00
R2-24-20	24/06/2020		10:00
R2-25-40	24/06/2020	40	10:50
R2-26-40	24/06/2020		10:50
R2-27-40	24/06/2020		10:50
R2-28-40	24/06/2020		10:50
R2-29-60	24/062020	60	12:00
R2-30-60	24/062020		12:00
R2-31-60	24/062020		12:00
R2-32-60	24/062020		12:00
R2-33-80	24/062020	80	13:30
R2-34-80	24/062020		13:30
R2-35-80	24/062020		13:30
R2-36-80	24/062020		13:30
R2-37-100	24/04/2020	100	15:10
R2-38-100	24/04/2020		15:10
R2-39-100	24/04/2020		15:10
R2-40-100	24/04/2020		15:10
R2-41-120	24/04/2020	120	17:05
R2-42-120	24/04/2020		17:05
R2-43-120	24/04/2020		17:05
R2-44-120	24/04/2020		17:05

Fuente: Elaboración propia

### Temperatura del concreto y del ambiente

Según la NTP 339.184 en concordancia con la ASTM C 1064, refiere que la temperatura del concreto como máximo debe ser 32°C y una mínima de 5°C dependiendo de la sección del concreto.

La NTP 339.183 menciona que la temperatura ambiente deberá fluctuar entre 20°C y 30°C

Tabla 26:

Criterio de aceptación de la temperatura del concreto

Descripción		Criterio de Aceptación ASTM C 94/C 94M-07 - NTP 339.114				
		Sección mm	<300	300 - 900	900 - 1800	> 1800
<b>Clima frío</b>	Temp. mínima	°C	13	10	7	5
	Temp. máxima	32 °C				
<b>Clima cálido</b>	T = Mas baja posible. Si T ≈ 32 °C se puede encontrar dificultades					

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el control de la temperatura haciendo uso de un pirómetro digital de alta precisión y se anotó en el registro.

Inmediatamente después de moldeados, los especímenes deben ser almacenados hasta por un periodo de 48 hr. En un rango de temperatura de 16 °C a 27 °C.

Proteger los especímenes de la exposición directa al sol.

Tabla 27:

Control de la temperatura del concreto, rango 1

<b>CONTROL DE TEMPERATURA</b>				RANGO:	<b>1</b>
<b>Cod. testigo de concreto</b>	<b>Fecha de elab. Del testigo</b>	<b>Tiempo de mezclado (segundos)</b>	<b>Hora de fab. Del testigo</b>	<b>Temperatura del ambiente °C</b>	<b>Temperatura del concreto °C</b>
R1-01-10	23/06/2020	10	10:40	20.00	18.00
R1-02-10	23/06/2020		10:40	20.00	18.00
R1-03-10	23/06/2020		10:40	20.00	18.00
R1-04-10	23/06/2020		10:40	20.00	18.00
R1-05-30	23/06/2020	30	11:00	20.00	18.00
R1-06-30	23/06/2020		11:00	20.00	18.00
R1-07-30	23/06/2020		11:00	20.00	18.00
R1-08-30	23/06/2020		11:00	20.00	18.00
R1-09-50	23/06/2020	50	11:20	20.00	18.50
R1-10-50	23/06/2020		11:20	20.00	18.50
R1-11-50	23/06/2020		11:20	20.00	18.50
R1-12-50	23/06/2020		11:20	20.00	18.50
R1-13-70	23/06/2020	70	11:40	20.00	18.50
R1-14-70	23/06/2020		11:40	20.00	18.50
R1-15-70	23/06/2020		11:40	20.00	18.50
R1-16-70	23/06/2020		11:40	20.00	18.50
R1-17-90	23/06/2020	90	12:00	21.00	18.50
R1-18-90	23/06/2020		12:00	21.00	18.50
R1-19-90	23/06/2020		12:00	21.00	18.50
R1-20-90	23/06/2020		12:00	21.00	18.50

Fuente: Elaboración propia

TABLA 28:

Control de la temperatura del concreto, rango 2

CONTROL DE TEMPERATURA				RANGO:	2
Cod. testigo de concreto	Fecha de elab. Del testigo	Tiempo de mezclado (minutos)	Hora de fab. Del testigo	Temperatura del ambiente °C	Temperatura del concreto °C
R2-01-1.5	23/06/2020	1.5	12:00	20.00	18.50
R2-02-1.5	23/06/2020		12:00	20.00	18.50
R2-03-1.5	23/06/2020		12:00	20.00	18.50
R2-04-1.5	23/06/2020		12:00	20.00	18.50
R2-21-20	24/06/2020	20	10:00	22.00	18.00
R2-22-20	24/06/2020		10:00	22.00	18.00
R2-23-20	24/06/2020		10:00	22.00	18.00
R2-24-20	24/06/2020		10:00	22.00	18.00
R2-25-40	24/06/2020	40	10:50	22.00	20.00
R2-26-40	24/06/2020		10:50	22.00	20.00
R2-27-40	24/06/2020		10:50	22.00	20.00
R2-28-40	24/06/2020		10:50	22.00	20.00
R2-29-60	24/062020	60	12:00	22.00	21.00
R2-30-60	24/062020		12:00	22.00	21.00
R2-31-60	24/062020		12:00	22.00	21.00
R2-32-60	24/062020		12:00	22.00	21.00
R2-33-80	24/062020	80	13:30	22.00	22.00
R2-34-80	24/062020		13:30	22.00	22.00
R2-35-80	24/062020		13:30	22.00	22.00
R2-36-80	24/062020		13:30	22.00	22.00
R2-37-100	24/04/2020	100	15:10	22.00	23.00
R2-38-100	24/04/2020		15:10	22.00	23.00
R2-39-100	24/04/2020		15:10	22.00	23.00
R2-40-100	24/04/2020		15:10	22.00	23.00
R2-41-120	24/04/2020	120	17:05	21.00	23.00
R2-42-120	24/04/2020		17:05	21.00	23.00
R2-43-120	24/04/2020		17:05	21.00	23.00
R2-44-120	24/04/2020		17:05	21.00	23.00

Fuente: Elaboración propia

### Curado de los especímenes de concreto

La NTP 339.033 en concordancia con la norma ASTM C 31, describe los procedimientos del curado estándar y pasos a seguir para un correcto curado de los especímenes.

Luego de remover los especímenes de los moldes, en un tiempo máximo de 30 min. Se deben sumergir en agua con hidróxido de calcio a una temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

La poza de curado debe estar a una temperatura de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

La temperatura de curado se realizó a  $21.7\text{ }^{\circ}\text{C}$



*Figura 29: Control de temperatura del curado*

#### 4.1.1.6. Consistencia del concreto.

Referencia normativa: NTP 339.035 en concordancia con la ASTM C 143

Se realizó el presente ensayo con la finalidad de determinar la consistencia del concreto en cada intervalo de tiempo de mezclado.

Se realizó el ensayo mediante el cono de abrams.



*Figura 30:* Control de consistencia del concreto



Tabla 29:

Control del asentamiento del concreto, rango 1

<b>CONTROL DE ASENTAMIENTO</b>				
<b>RANGO:</b>	<b>1</b>			
<b>Cod. testigo de concreto</b>	<b>Fecha de elab. Del testigo</b>	<b>Hora de fab. Del testigo</b>	<b>Tiempo de mezclado (segundos)</b>	<b>Slump (mm)</b>
R1-01-10	23/06/2020	10:40	10	160.00
R1-02-10	23/06/2020	10:40		
R1-03-10	23/06/2020	10:40		
R1-04-10	23/06/2020	10:40		
R1-05-30	23/06/2020	11:00	30	155.00
R1-06-30	23/06/2020	11:00		
R1-07-30	23/06/2020	11:00		
R1-08-30	23/06/2020	11:00		
R1-09-50	23/06/2020	11:20	50	150.00
R1-10-50	23/06/2020	11:20		
R1-11-50	23/06/2020	11:20		
R1-12-50	23/06/2020	11:20		
R1-13-70	23/06/2020	11:40	70	150.00
R1-14-70	23/06/2020	11:40		
R1-15-70	23/06/2020	11:40		
R1-16-70	23/06/2020	11:40		
R1-17-90	23/06/2020	12:00	90	140.00
R1-18-90	23/06/2020	12:00		
R1-19-90	23/06/2020	12:00		
R1-20-90	23/06/2020	12:00		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 30:

Control del asentamiento del concreto, rango 2

<b>CONTROL DE ASENTAMIENTO</b>				
<b>RANGO:</b>	<b>2</b>			
<b>Cod. testigo de concreto</b>	<b>Fecha de elab. Del testigo</b>	<b>Hora de fab. Del testigo</b>	<b>Tiempo de mezclado (minutos)</b>	<b>Slump (mm)</b>
R2-01-1.5	23/06/2020	12:00	1.5	140.00
R2-02-1.5	23/06/2020	12:00		
R2-03-1.5	23/06/2020	12:00		
R2-04-1.5	23/06/2020	12:00		
R2-21-20	24/06/2020	10:00	20	130.00
R2-22-20	24/06/2020	10:00		
R2-23-20	24/06/2020	10:00		
R2-24-20	24/06/2020	10:00		
R2-25-40	24/06/2020	10:50	40	128.00
R2-26-40	24/06/2020	10:50		
R2-27-40	24/06/2020	10:50		
R2-28-40	24/06/2020	10:50		
R2-29-60	24/062020	12:00	60	120.00
R2-30-60	24/062020	12:00		
R2-31-60	24/062020	12:00		
R2-32-60	24/062020	12:00		
R2-33-80	24/062020	13:30	80	111.00
R2-34-80	24/062020	13:30		
R2-35-80	24/062020	13:30		
R2-36-80	24/062020	13:30		
R2-37-100	24/04/2020	15:10	100	100.00
R2-38-100	24/04/2020	15:10		
R2-39-100	24/04/2020	15:10		
R2-40-100	24/04/2020	15:10		
R2-41-120	24/04/2020	17:05	120	80.00
R2-42-120	24/04/2020	17:05		
R2-43-120	24/04/2020	17:05		
R2-44-120	24/04/2020	17:05		

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.7. Resistencia a la compresión

Se tuvo presente la referencia normativa NTP 339.034, en concordancia con la norma ASTM C 39.

Las edades de los ensayos son a los 7 y 28 días para la resistencia a la compresión, 14 y 28 días para la resistencia a la flexión. Los especímenes elaborados con cemento tipo III serán siempre ensayados a 1, 3, 7 y 28 días.

Los ensayos de resistencia se realizaron teniendo en consideración las tolerancias máximas permisibles para la realización de los ensayos según la tabla 30.

*Tabla 31:*

Tolerancias permisibles para la edad de ensayo

Edad de Ensayo	Tolerancia de tiempo Permisible NTP 339.034	
	horas	%
24 h	± 0.5	± 2.1
3 d	± 2	± 2.8
7 d	± 6	± 3.6
28 d	± 20	± 3.0
90 d	± 48	± 2.2

FUENTE: Norma Técnica Peruana NTP 39.034



*Figura 31:* Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos



Figura 32: Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos

Tabla 32:

Resultados del ensayo a la compresión r1-7 días

RESISTENCIA OBTENIDA (para una edad de 7 días)								
EDAD:	<b>7 DÍAS</b>		RANGO: <b>1</b>		f'c diseño = <b>210 kg/cm2</b>			
Cod. testigo de concreto	Fecha de elab. Del testigo	Hora de fab. Del testigo	Tiempo de mezclado (segundos)	f'c obtenida (kg/cm2)	f'c promedio obtenida (kg/cm2)	Fecha de ensayo del testigo	Hora de ensayo	Tolerancia (+/- 6 h.)
R1-01-10	23/06/2020	10:40	<b>10</b>	72.50	<b>75.00</b>	30/06/2020	16:00	05:20
R1-02-10	23/06/2020	10:40		77.50		30/06/2020	16:05	05:25
R1-05-30	23/06/2020	11:00	<b>30</b>	80.00	<b>78.00</b>	30/06/2020	16:10	05:10
R1-06-30	23/06/2020	11:00		76.00		30/06/2020	16:15	05:15
R1-09-50	23/06/2020	11:20	<b>50</b>	98.00	<b>104.00</b>	30/06/2020	16:20	05:00
R1-10-50	23/06/2020	11:20		110.00		30/06/2020	16:25	05:05
R1-13-70	23/06/2020	11:40	<b>70</b>	140.00	<b>138.00</b>	30/06/2020	16:30	04:50
R1-14-70	23/06/2020	11:40		136.00		30/06/2020	16:35	04:55
R1-17-90	23/06/2020	12:00	<b>90</b>	144.50	<b>144.00</b>	30/06/2020	16:40	04:40
R1-18-90	23/06/2020	12:00		143.50		30/06/2020	16:45	04:45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33:

Resultados del ensayo a la compresión r1-28 días

RESISTENCIA OBTENIDA (para una edad de 28 días)								
EDAD:	28 DÍAS			RANGO: 1		f'c diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup>		
Cod. testigo de concreto	Fecha de elab. Del testigo	Hora de fab. Del testigo	Tiempo de mezclado (segundos)	f'c obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c promedio obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de ensayo del testigo	Hora de ensayo	Tolerancia (+/- 20 h.)
R1-03-10	23/06/2020	10:40	10	100.00	105.00	21/07/2020	15:50	05:10
R1-04-10	23/06/2020	10:40		110.00		21/07/2020	15:55	05:15
R1-07-30	23/06/2020	11:00	30	160.00	156.00	21/07/2020	16:00	05:00
R1-08-30	23/06/2020	11:00		152.00		21/07/2020	16:05	05:05
R1-11-50	23/06/2020	11:20	50	170.00	176.00	21/07/2020	16:10	04:50
R1-12-50	23/06/2020	11:20		182.00		21/07/2020	16:15	04:55
R1-15-70	23/06/2020	11:40	70	206.00	211.00	21/07/2020	16:20	04:40
R1-16-70	23/06/2020	11:40		216.00		21/07/2020	16:25	04:45
R1-19-90	23/06/2020	12:00	90	220.00	224.00	21/07/2020	16:30	04:30
R1-20-90	23/06/2020	12:00		228.00		21/07/2020	16:35	04:35

Fuente: Elaboración propia

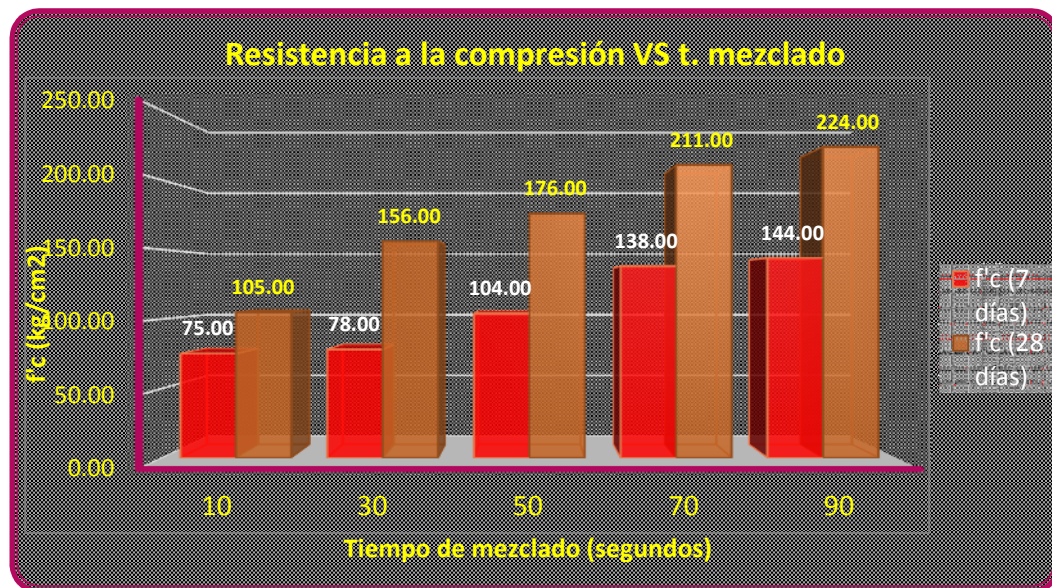


Figura 33: Gráfico de barras de resistencias obtenidas rango 1

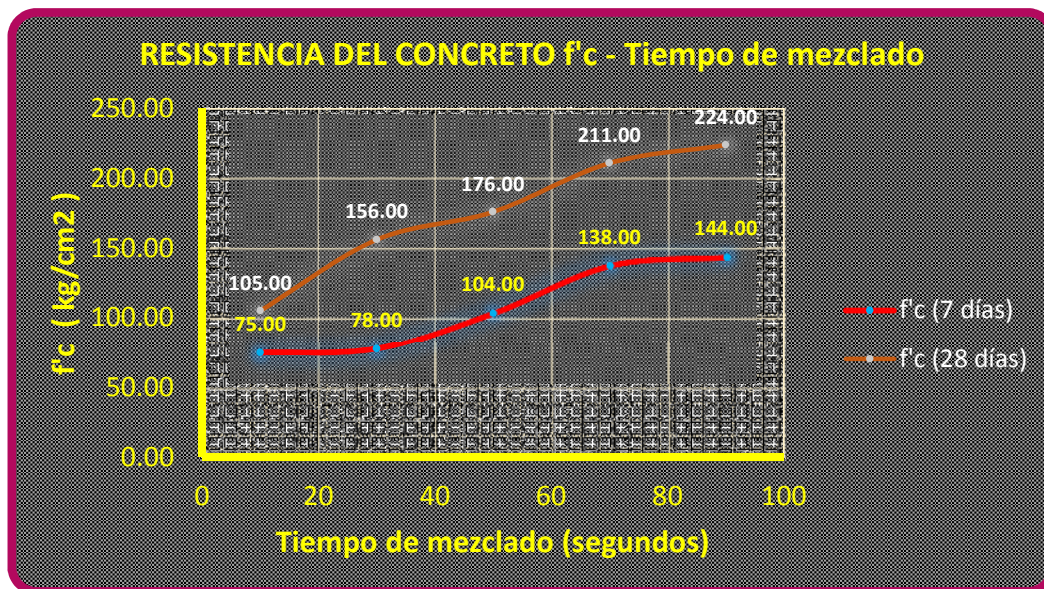


Figura 34: Gráfico de dispersión de resistencias obtenidas rango 1

Tabla 34:

Resultados del ensayo a la compresión r2-7 días

RESISTENCIA OBTENIDA (para una edad de 7 días)								
EDAD:	7 DÍAS		RANGO: 2			$f'c$ diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup>		
Cod. testigo de concreto	Fecha de elab. Del testigo	Hora de fab. Del testigo	Tiempo de mezclado (minutos)	$f'c$ obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'c$ promedio obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de ensayo del testigo	Hora de ensayo	tolerancia (+/- 6h.)
R2-01-1.5	23/06/2020	12:00	1.5	144.50	144.00	01/07/2020	16:40	04:40
R2-02-1.5	23/06/2020	12:00		143.50		01/07/2020	16:45	04:45
R2-21-20	24/06/2020	10:00	20	149.00	147.00	01/07/2020	15:00	05:00
R2-22-20	24/06/2020	10:00		145.00		01/07/2020	15:05	05:05
R2-25-40	24/06/2020	10:50	40	150.00	152.00	01/07/2020	15:30	04:40
R2-26-40	24/06/2020	10:50		154.00		01/07/2020	15:35	04:45
R2-29-60	24/06/2020	12:00	60	151.00	162.00	01/07/2020	16:20	04:20
R2-30-60	24/06/2020	12:00		173.00		01/07/2020	16:25	04:25
R2-33-80	24/06/2020	13:30	80	168.00	171.00	01/07/2020	16:30	03:00
R2-34-80	24/06/2020	13:30		174.00		01/07/2020	16:35	03:05
R2-37-100	24/06/2020	15:10	100	172.00	176.00	01/07/2020	16:40	01:30
R2-38-100	24/06/2020	15:10		180.00		01/07/2020	16:45	01:35
R2-41-120	24/06/2020	17:05	120	170.00	172.00	01/07/2020	17:15	00:10
R2-42-120	24/06/2020	17:05		174.00		01/07/2020	17:20	00:15

Fuente: Elaboración propia



Tabla 35:

Resultados del ensay a la compresión r2-28 días

RESISTENCIA OBTENIDA (para una edad de 28 días)								
EDAD:	28 DÍAS		RANGO:	2		f'c diseño =	210 kg/cm <sup>2</sup>	
Cod. testigo de concreto	Fecha de elab. Del testigo	Hora de fab. Del testigo	Tiempo de mezclado (minutos)	f'c obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c promedio obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de ensayo del testigo	Hora de ensayo	tolerancia (+/- 20h.)
R2-03-1.5	23/06/2020	12:00	1.5	220.00	224.00	21/07/2020	16:30	04:30
R2-04-1.5	23/06/2020	12:00		228.00		21/07/2020	16:35	04:35
R2-23-20	24/06/2020	10:00	20	231.00	230.00	22/07/2020	15:05	05:05
R2-24-20	24/06/2020	10:00		229.00		22/07/2020	15:10	05:10
R2-27-40	24/06/2020	10:50	40	228.00	231.00	22/07/2020	15:15	04:25
R2-28-40	24/06/2020	10:50		234.00		22/07/2020	15:20	04:30
R2-31-60	24/06/2020	12:00	60	236.00	233.00	22/07/2020	15:25	03:25
R2-32-60	24/06/2020	12:00		230.00		22/07/2020	15:30	03:30
R2-35-80	24/06/2020	13:30	80	240.00	244.00	22/07/2020	15:35	02:05
R2-36-80	24/06/2020	13:30		248.00		22/07/2020	15:40	02:10
R2-39-100	24/04/2020	15:10	100	261.00	259.00	22/07/2020	15:45	00:35
R2-40-100	24/04/2020	15:10		257.00		22/07/2020	15:50	00:40
R2-43-120	24/04/2020	17:05	120	268.00	261.00	22/07/2020	15:55	01:10
R2-44-120	24/04/2020	17:05		254.00		22/07/2020	16:00	01:05

Fuente: Elaboración propia



Figura 35: Gráfico de barras de las resistencias obtenidas rango 2

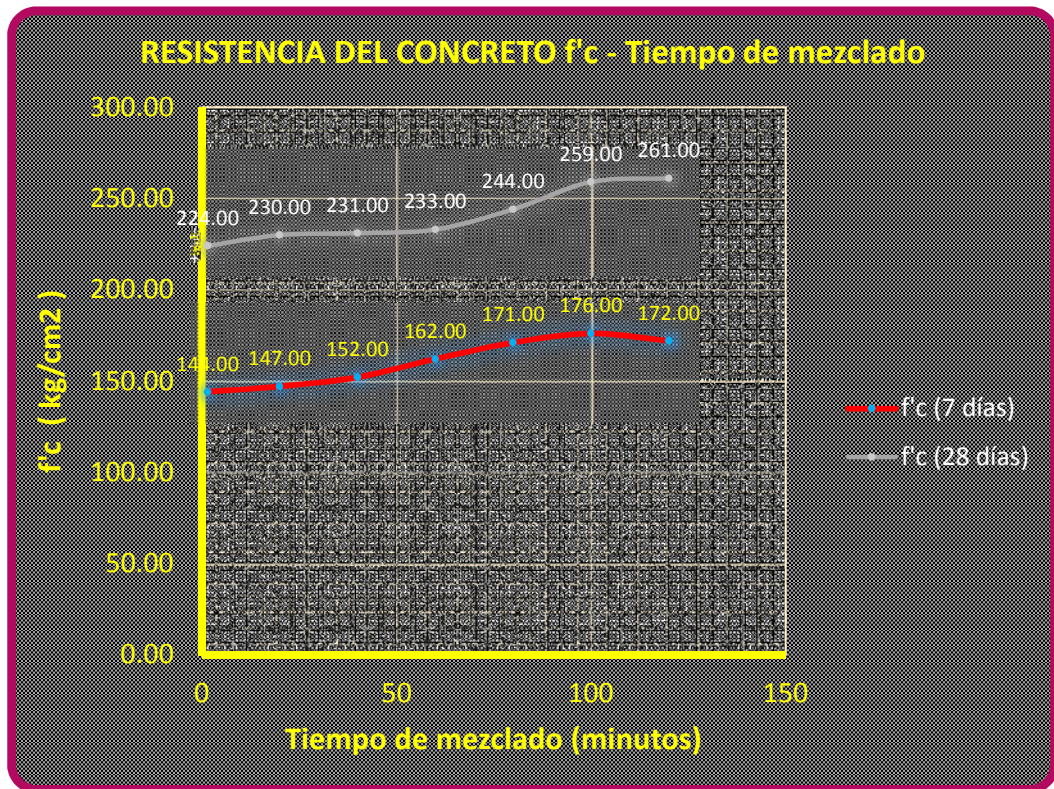


Figura 36: Gráfico de dispersión de resistencias obtenidas rango 2

#### 4.1.1.8. Análisis de Permeabilidad del concreto

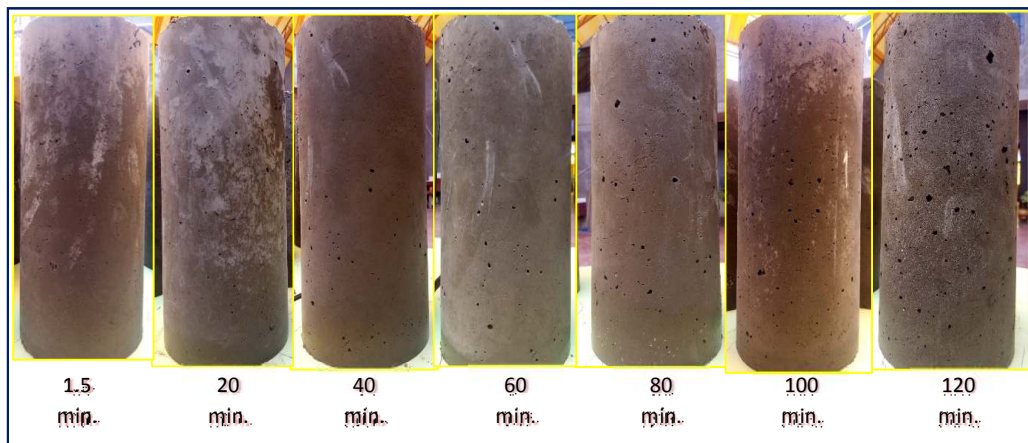


Figura 37: Muestra de especímenes por cada tiempo de mezclado

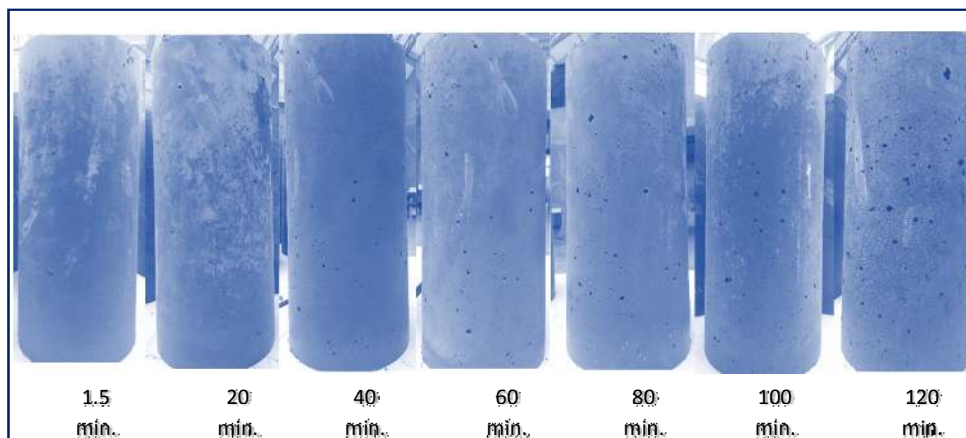


Figura 38: Muestra de especímenes por cada tiempo de mezclado R-2

En la figura 38, se observa que el nivel de porosidad por aire atrapado de los especímenes varía de acuerdo al tiempo de mezclado, siendo que a mayor es el tiempo de mezclado, el nivel de porosidad aumenta; por lo que la permeabilidad del concreto es variable en función del tiempo de mezclado.

#### 4.1.1.9. Análisis estadístico - nivel de confianza

Dado que la presente investigación es de tipo correlacional, corresponde realizar un análisis para medir el grado de relación entre sus variables; por lo que se determinó el coeficiente de Pearson para datos no agrupados.

Tabla 36:

Tabla de análisis del coeficiente de Pearson "R", rango 1-7 días

TABLA COEF. DE PEARSON (Rango 1), Edad :7 días							
	X (tiempo)	Y (resistencia)	X-Xp	Y-Yp	(X-Xp) <sup>2</sup>	(Y-Yp) <sup>2</sup>	(X-Xp)(Y-Yp)
	10	35.71	-40.00	-15.62	1,600.00	243.95	624.76
	30	37.14	-20.00	-14.19	400.00	201.37	283.81
	50	49.52	0.00	-1.81	0.00	3.27	0.00
	70	65.71	20.00	14.38	400.00	206.81	287.62
	90	68.57	40.00	17.24	1,600.00	297.15	689.52
<b>Suma</b>	250	256.67			4,000.00	952.56	1,885.71
<b>Promedio</b>	50	51.33333			<b>R =</b>	<b>0.9660</b>	

Fuente: Elaboración propia





Tabla 37:

Tabla de análisis del coeficiente de Pearson "R" rango 1-28 días

TABLA COEF. DE PEARSON (Rango 1), Edad :28 días							
	X (tiempo)	Y (resistencia)	X-Xp	Y-Yp	(X-Xp) <sup>2</sup>	(Y-Yp) <sup>2</sup>	(X-Xp)(Y-Yp)
	10	50.00	-40.00	-33.05	1,600.00	1,092.15	1,321.90
	30	74.29	-20.00	-8.76	400.00	76.77	175.24
	50	83.81	0.00	0.76	0.00	0.58	0.00
	70	100.48	20.00	17.43	400.00	303.76	348.57
	90	106.67	40.00	23.62	1,600.00	557.86	944.76
<b>Suma</b>	250	415.24			4,000.00	2,031.11	2,790.48
<b>Promedio</b>	50	83.04762			<b>R =</b>	<b>0.9790</b>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38:

Tabla de análisis del coeficiente de Pearson "R" rango 2-7 días

TABLA COEF. DE PEARSON (Rango 2), Edad :07 días							
	X (tiempo)	Y (resistencia)	X-Xp	Y-Yp	(X-Xp) <sup>2</sup>	(Y-Yp) <sup>2</sup>	(X-Xp)(Y-Yp)
	1.5	68.57	-58.71	-7.89	3,447.37	62.27	463.32
	20	70.00	-40.21	-6.46	1,617.19	41.77	259.89
	40	72.38	-20.21	-4.08	408.62	16.66	82.51
	60	77.14	-0.21	0.68	0.05	0.46	-0.15
	80	81.43	19.79	4.97	391.47	24.66	98.26
	100	83.81	39.79	7.35	1,582.90	53.98	292.30
	120	81.90	59.79	5.44	3,574.33	29.62	325.36
<b>Suma</b>	421.5	535.24			11,021.93	229.41	1,521.50
<b>Promedio</b>	60.2142857	76.46259			<b>R =</b>	<b>0.9568</b>	

Fuente: Elaboración propia

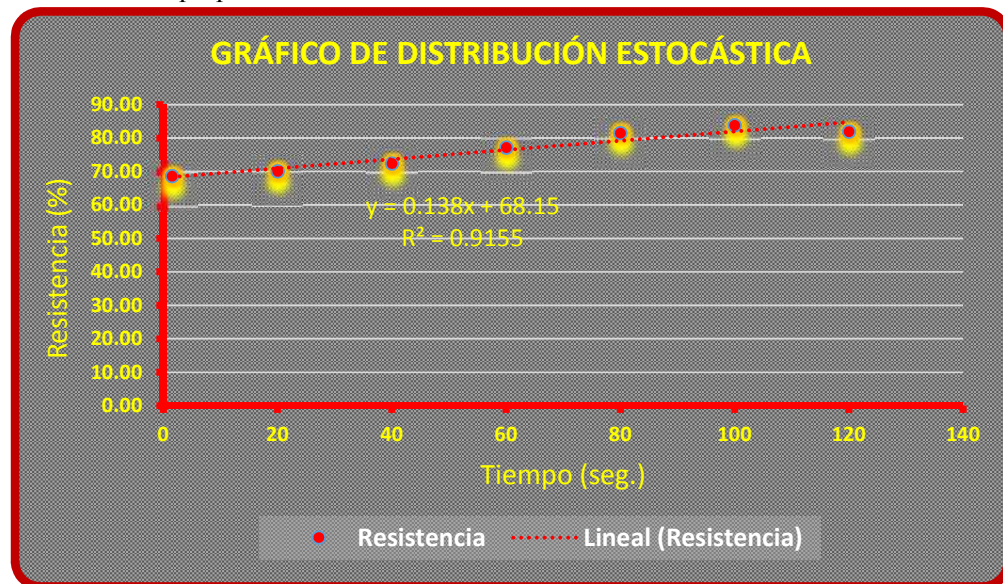


Figura 41: Gráfico de distribución estocástica r1-28 días.

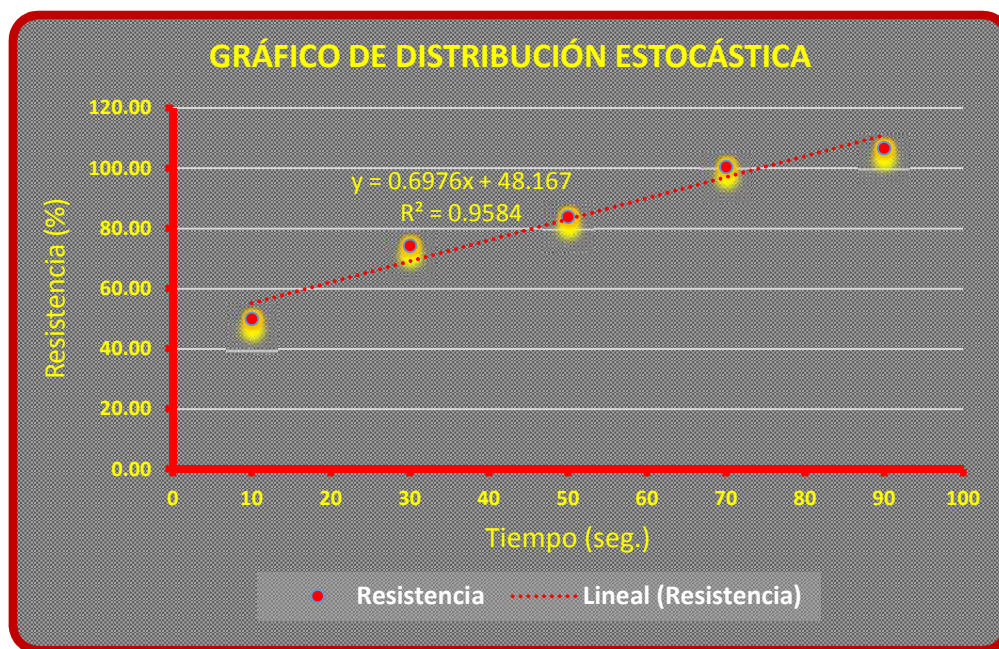


Figura 42: Gráfico de distribución estocástica r2-7 días.

Tabla 39:

Tabla de análisis del coeficiente de Pearson "R" rango 2-28 días

TABLA COEF. DE PEARSON (Rango 2), Edad :28 días							
	X (tiempo)	Y (resistencia)	X-Xp	Y-Yp	(X-Xp) <sup>2</sup>	(Y-Yp) <sup>2</sup>	(X-Xp)(Y-Yp)
	1.5	106.67	-58.71	-7.76	3,447.37	60.14	455.34
	20	109.52	-40.21	-4.90	1,617.19	23.99	196.97
	40	110.00	-20.21	-4.42	408.62	19.55	89.38
	60	110.95	-0.21	-3.47	0.05	12.04	0.74
	80	116.19	19.79	1.77	391.47	3.13	35.00
	100	123.33	39.79	8.91	1,582.90	79.42	354.55
	120	124.29	59.79	9.86	3,574.33	97.30	589.72
<b>Suma</b>	421.5	800.95			11,021.93	295.56	1,721.70
<b>Promedio</b>	60.2142857	114.4218			<b>R =</b>	<b>0.9539</b>	

Fuente: Elaboración propia

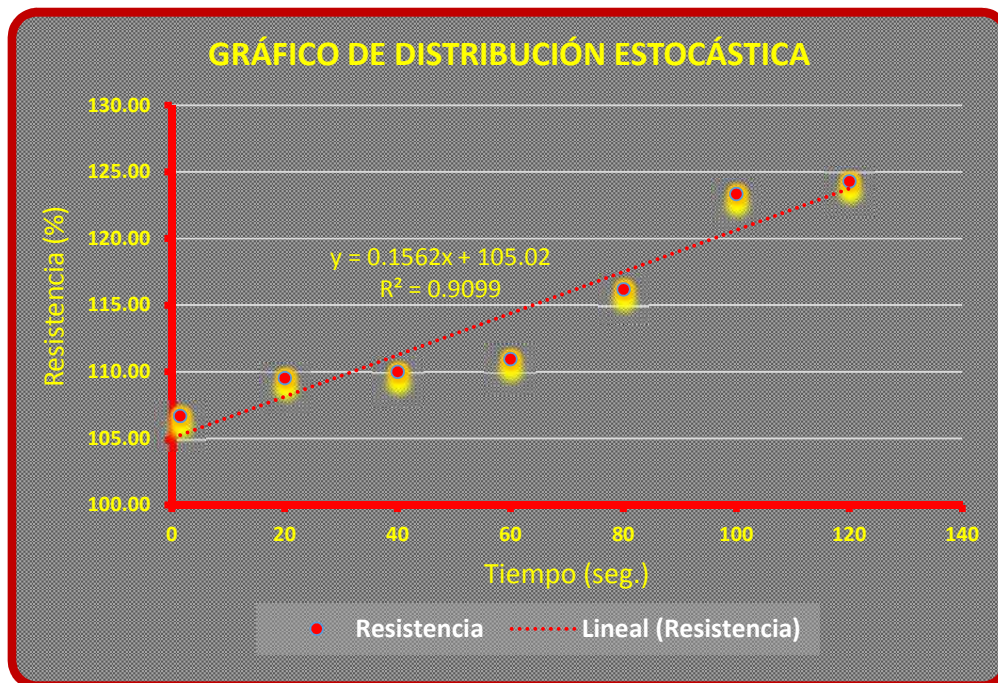


Figura 43: Gráfico de distribución estocástica r2-28 días.

#### 4.1.2. Interpretación y discusión de resultados

##### 4.1.2.1. Agregados de la cantera del río Mantaro

###### Agregado grueso

Según el análisis del agregado grueso, en el laboratorio se tiene que la curva granulométrica se encuentra dentro de los límites máximos y mínimos, y un peso específico de 2.630 kg/m<sup>3</sup>, lo que le hace un agregado apto para la utilización en la fabricación de concreto.

###### Agregado fino

Según el análisis granulométrico del agregado fino, se observa que el porcentaje retenido para el tamiz #4 es 92.2%, lo que indica que se encuentra por debajo del límite mínimo especificado que es 95%; esto indica que el agregado fino contiene un exceso leve de partículas gruesas, que hará disminuir la cantidad de agregado grueso (piedra chancada) en el diseño final de concreto. Esta interpretación se demuestra en el

resultado de su módulo de fineza que es de 3.05, cuyo valor está ligeramente por encima del máximo especificado que es 3.00.

4.1.2.2. Resistencia a la compresión del concreto

La evolución de la resistencia del concreto debe estar por encima de los porcentajes establecidos en la Tabla 5.

Del análisis de los resultados de la resistencia a la compresión se estableció las tablas y gráficos siguientes:

Tabla 40:

Resultados obtenidos de f'c en el rango 1

EVOLUCIÓN DE RESISTENCIA F'C											
RANGO: 01 (0 seg. - 90 seg.)						f'c diseño = 210 kg/cm2					
Edad de la briqueta (días)	Evolucion de la resistencia (%)	10 Seg.		30 Seg.		50 Seg.		70 Seg.		90 Seg.	
		f'c (kg/cm2)	%	f'c (kg/cm2)	%	f'c (kg/cm2)	%	f'c (kg/cm2)	%	f'c (kg/cm2)	%
1	16.00										
3	40.00										
7	65.00	75.00	35.71	78.00	37.14	104.00	49.52	138.00	65.71	144.00	68.57
28	99.00	105.00	50.00	156.00	74.29	176.00	83.81	211.00	100.48	224.00	106.67

Fuente: Elaboración propia

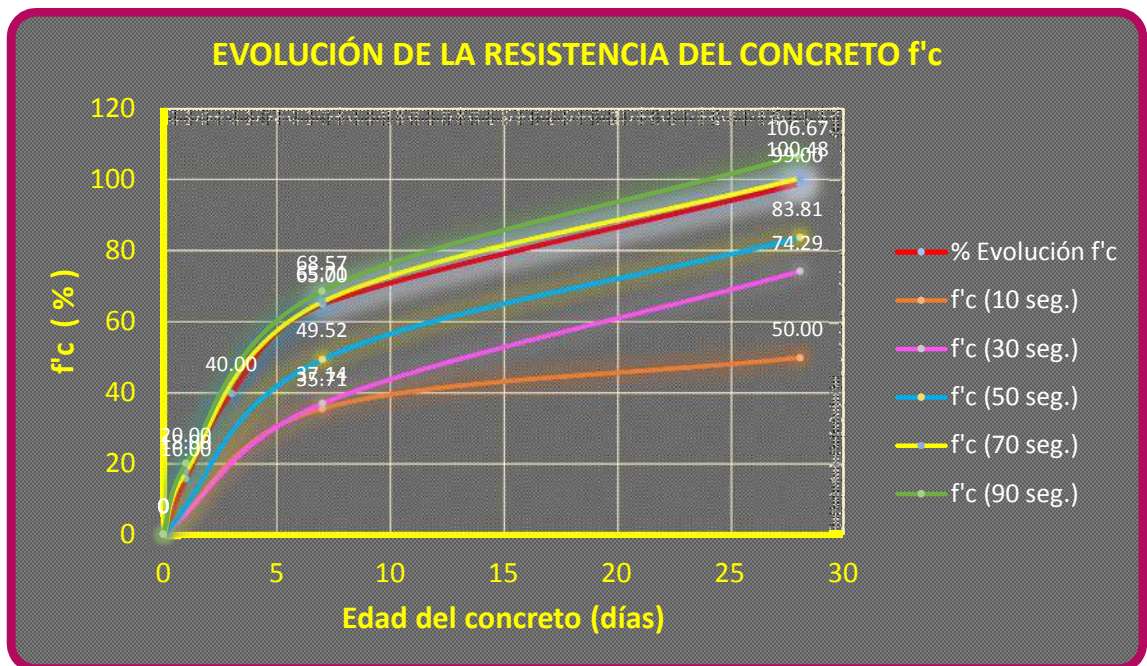


Figura 44: Gráfico de evolución de la resistencia en el Rango 1

De la figura 44 que corresponde al Rango 1, podemos deducir que:

- La curva de evolución de la resistencia más baja es la que corresponde a un tiempo de mezclado de 10 segundos.
- La curva de evolución de la resistencia más alta es la que corresponde a un tiempo de mezclado de 90 segundos.
- Las curvas de evolución de la resistencia que están por debajo de lo establecido corresponden a los tiempos de mezclado de 10; 30 y 50 segundos.
- Las curvas de evolución de la resistencia que superan lo establecido corresponden a los tiempos de mezclado de 70 y 90 segundos.
- El incremento de la resistencia del concreto aumenta en función al tiempo del mezclado.

Según la figura 44, podemos determinar que, para obtener una resistencia requerida según diseño del concreto, se debe realizar la mezcla por lo menos 70 segundos; sin embargo, dado que los resultados de las resistencias fueron establecidos para especímenes de concretos curados en laboratorio, los cuales son distintos al método de curado para concretos fabricados en obra, las resistencias de estos últimos reducen del 2% hasta un 25%; por lo que, para un tiempo de mezclado de 70 segundos no se superaría la resistencia real de un concreto fabricado en obra; por lo que, lo ideal sería un mezclado mínimo de 90 segundos tal cual establece la normativa.

Tabla 41:

Resultados obtenidos de  $f_c$  en el rango 2

EVOLUCIÓN DE RESISTENCIA $f_c$															
RANGO: 02 (1.5 min. - 120 min.)										$f_c$ diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup>					
Edad de la briqueta (días)	Evolucion de la resistencia (%)	1.50 min.		20 min.		40 min.		60 min.		80 min.		100 min.		120 min.	
		$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	%	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	%	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	%	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	%	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	%	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	%	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	%
1	16.00														
3	40.00														
7	65.00	144.00	68.57	147.00	70.00	152.00	72.38	162.00	77.14	171.00	81.43	176.00	83.81	172.00	81.90
28	99.00	224.00	106.67	230.00	109.52	231.00	110.00	233.00	110.95	244.00	116.19	259.00	123.33	261.00	124.29

Fuente: Elaboración propia

De la figura 45 que corresponde al Rango 2, podemos deducir que:

- La curva de evolución de la resistencia más baja es la que corresponde a un tiempo de mezclado de 1.5 minutos.
- La curva de evolución de la resistencia más alta es la que corresponde a un tiempo de mezclado de 120 minutos.
- Todas las curvas de evolución de la resistencia superan el parámetro mínimo.
- El incremento de la resistencia del concreto aumenta en función al tiempo de mezclado.

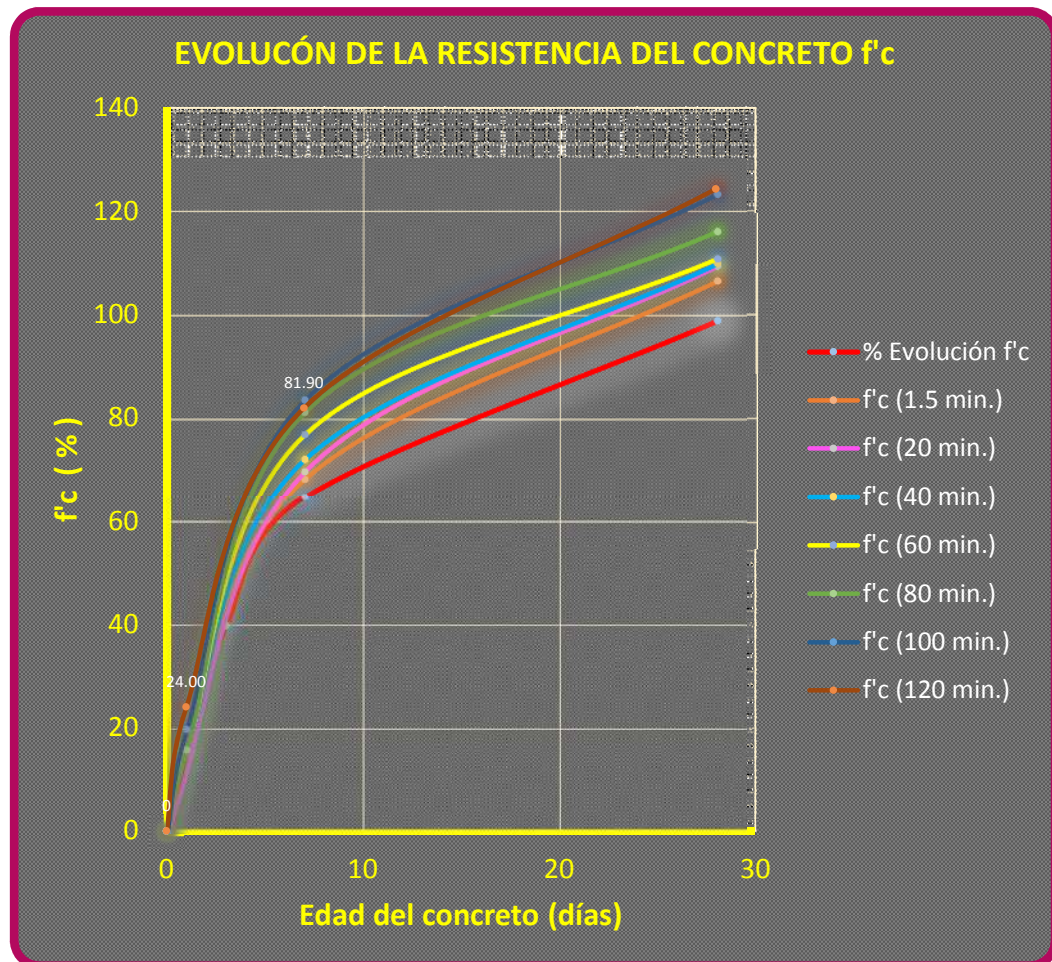


Figura 45: Gráfico de evolución de la resistencia en el Rango 2



#### 4.1.2.3. Consistencia del concreto

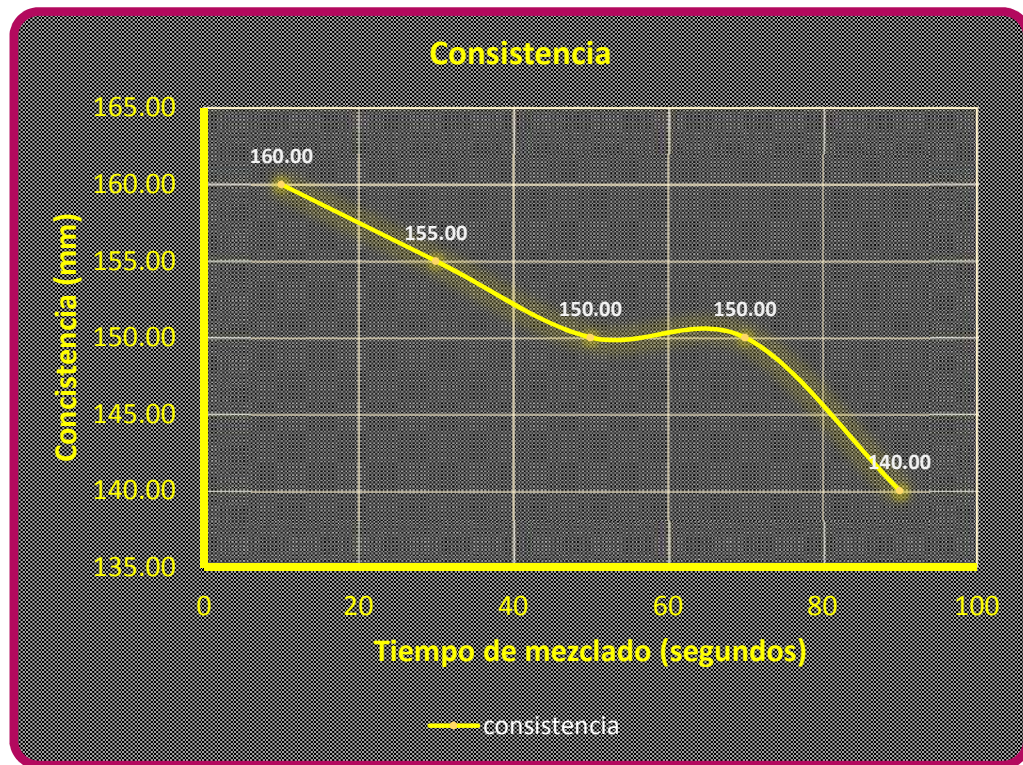


Figura 46: Gráfico de consistencia del concreto en el R-1

De la figura 46 que corresponde a la consistencia del concreto en el rango 1, se desprende que a medida que el tiempo de mezclado aumenta, la consistencia del concreto disminuye.

Para un tiempo de mezclado de 10 segundos el slump es de 160 mm; mientras que, para un tiempo de mezclado de 90 segundos el slump es de 140 mm.

De la figura 47 que corresponde a la consistencia del concreto en el rango 2, se desprende que a medida que el tiempo de mezclado aumenta, la consistencia del concreto disminuye.

Para un tiempo de mezclado de 1.5 minutos el slump es de 140 mm; mientras que, para un tiempo de mezclado de 120 minutos el slump es de 80 mm.



Dado que la consistencia del concreto va relacionada directamente con la trabajabilidad del mismo, del análisis se desprende que, conforme el tiempo de mezclado aumenta, el concreto es menos trabajable.

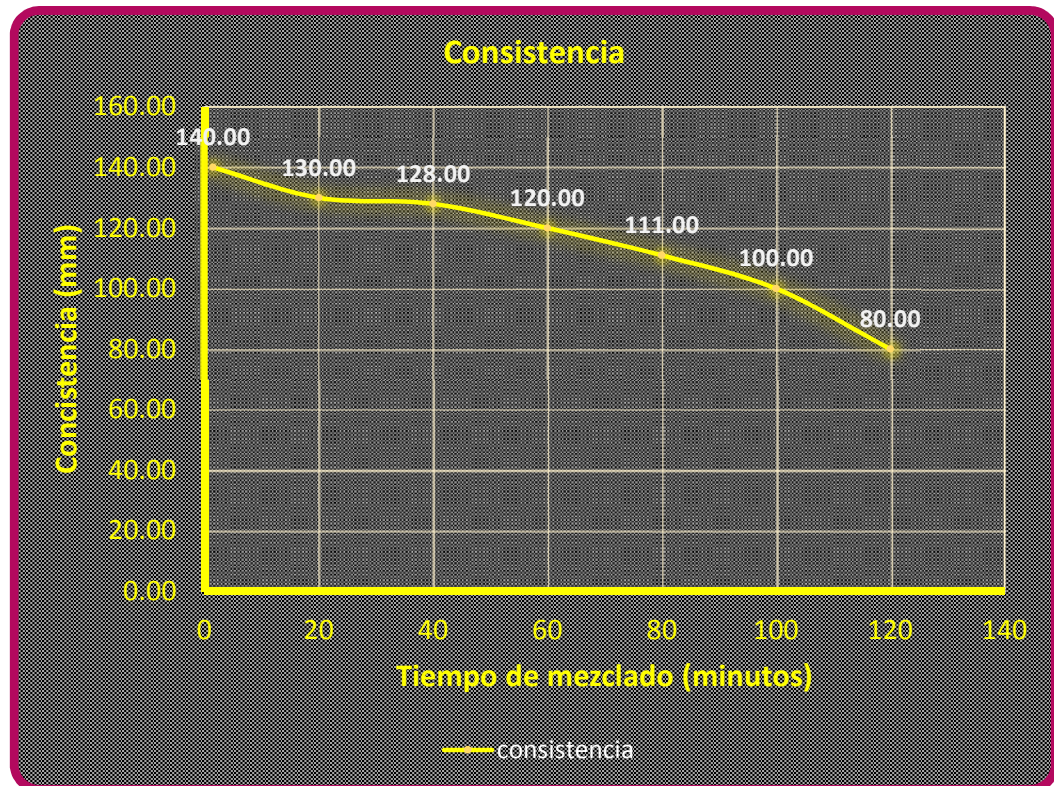


Figura 47: Gráfico de consistencia del concreto en el R-2

#### 4.1.2.4. Permeabilidad del concreto

Del análisis de la figura 38 se desprende que mientras más largo sea el tiempo de mezclado, este contendrá más aire atrapado, por lo tanto, se obtiene un concreto más permeable; en consecuencia, la permeabilidad del concreto está relacionado con el tiempo de mezclado; por lo que, resulta importante un análisis más profundo del grado de permeabilidad en función del tiempo de mezclado.

## 4.1.2.4. Fiabilidad

Tabla 42:

Escala de interpretación para el coeficiente de Pearson

VALOR	SIGNIFICADO
$\pm 0.96 ; \pm 1.0$	Perfecta
$\pm 0.85 ; \pm 0.95$	Fuerte
$\pm 0.70 ; \pm 0.84$	Significativa
$\pm 0.50 ; \pm 0.69$	Moderada
$\pm 0.20 ; \pm 0.49$	Débil
$\pm 0.10 ; \pm 0.19$	Muy débil
$\pm 0.09 ; \pm 0.0$	Nula

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de fiabilidad según las tablas para cálculo del coeficiente de Pearson, se tienen los valores y la interpretación o significado de acuerdo a la tabla 39, los cuales indican que la relación entre el tiempo de mezclado y resistencia del concreto son fuertes y perfectas.

Tabla 43:

Interpretación de resultados obtenidos para el coeficiente de Pearson

ANÁLISIS DE RESULTADOS	
VALOR DEL COEFICIENTE	SIGNIFICADO
0.966	Perfecta
0.979	Perfecta
0.9568	Perfecta
0.9539	Fuerte

Fuente: Elaboración propia

Para analizar el nivel de confianza se obtuvo el promedio de los coeficientes de Pearson, para luego hacer el cálculo en la fórmula de alfa de Cronbach e identificar el valor obtenido en la tabla 44.

TABLA 44:

Resumen de coeficientes de correlación de Pearson

RESUMEN DE LOS COEFICIENTES DE CORRELACIÓN				
	R1		R2	
<b>Edad (días)</b>	7	28	7	28
<b>R</b>	0.9660	0.9790	0.9568	0.9539
<b>Suma</b>	3.8558			
<b>Promedio</b>	0.9639			

Fuente: Elaboración propia

La fórmula para el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach es:

$$\alpha = \frac{np}{1 + p(n - 1)}$$

Donde:

$\alpha$  : Alfa de Cronbach

$n$  : Numero de ítems

$p$  : Promedio de las correlaciones lineales de cada uno de los ítems

Por lo que el resultado es el siguiente:

Alfa de Cronbach       $\alpha =$       **0.99**

Lo que significa que tiene un 99% de fiabilidad respecto a la cantidad de datos y el tipo de procedimiento que se utilizó para el análisis.

Tabla 45:

Interpretación de resultado de alfa de Cronbach

COEFICIENTE	ACEPTABILIDAD
Coeficiente Alfa	> 0.9 es excelente
	> 0.8 es bueno
	> 0.7 es aceptable
	> 0.6 es cuestionable
	> 0.5 es pobre
	< 0.5 es inaceptable.

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, según la tabla 44 para un coeficiente de alfa de Cronbach mayor a 0.9 corresponde a excelente, en consecuencia, se puede afirmar que el procedimiento es fiable excelente.

## 4.2.PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 4.2.1. Prueba de Hipótesis General

**Ho: El tiempo de mezclado de un concreto normal  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> usando agregados de la cantera del Río Mantaro no influye directamente en la resistencia final.**

Esta hipótesis es falsa, debido a que se demostró que el tiempo de mezclado influye en la resistencia final a la compresión del concreto según tabla 40.

Así mismo el coeficiente de Pearson de acuerdo a la tabla 43, arroja valores que según interpretación de la tabla 41, la relación entre el tiempo de mezclado y resistencia del concreto son fuertes y perfectas.

**HG: El tiempo de mezclado de un concreto normal  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> usando agregados de la cantera del Rio Mantaro influye directamente en la resistencia final.**

Esta Hipótesis es verdadera, ya que en ambos rangos de estudio se demostró que la resistencia varía en función del tiempo de mezclado, siendo que a menor tiempo de mezclado le corresponde una resistencia a la compresión menor, (tablas 39 y 40), estos resultados fueron analizados para un tiempo mínimo de mezclado de 10 segundos y un tiempo máximo de 2 horas.

#### 4.2.2. Prueba de Hipótesis Especificas

##### 4.2.2.1. Prueba de Hipótesis Especifica 1

**H. E1: El tiempo de mezclado de un concreto normal  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> por debajo de lo estipulado en la norma E 060 influye negativamente en la resistencia final.**

Esta Hipótesis es verdadera dado que, según análisis realizado, los tiempos de mezclado inferiores a 1.5 minutos influyen negativamente a la resistencia a la compresión, tal como se muestra en la figura 44 los cuales no alcanzan la resistencia requerida.

##### 4.2.2.2. Prueba de Hipótesis Especifica 2

**H. E2: La resistencia final del concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> con tiempos de mezclado variable dentro de los valores máximos y mínimos permisibles difieren considerablemente.**

Esta Hipótesis es verdadera. De la tabla 40 se puede apreciar que la resistencia para un tiempo de mezclado de 1.5 minutos es de 224 kg/cm<sup>2</sup> y para un tiempo de mezclado de 120 minutos la resistencia es de 261 kg/cm<sup>2</sup>; existiendo una diferencia considerable entre estos valores máximos y mínimos permisibles.

##### 4.2.2.3. Prueba de Hipótesis Especifica 3

**H. E3: Existe un rango de tiempo de mezclado del concreto normal  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> para la obtención de una resistencia final óptima.**

Esta hipótesis es falsa debido a que, según el estudio se pudo demostrar que las resistencias son variables en función del tiempo de mezclado, tendiendo a aumentar la resistencia final conforme aumenta el tiempo de mezclado, pero; sin embargo, la consistencia se ve afectada negativamente; dado que, al disminuir se ve afectada la

trabajabilidad, la cual es propiedad importante del concreto; así mismo, el nivel del aire atrapado se incrementa; por lo que, la permeabilidad del concreto aumenta. Bajo estas consideraciones no se puede determinar un rango de tiempo óptimo de mezclado para obtener una resistencia óptima.

#### 4.3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Del análisis y contrastación de las 3 hipótesis específicas se concluye que, la resistencia final de un concreto normal  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> usando agregados de la cantera del río Mantaro se ve afectado directamente por el tiempo de mezclado empleado en su preparación; por lo que, se puede afirmar que la hipótesis general es verdadera ya que las tres hipótesis específicas son válidas.

Tabla 46:

Resultados de resistencia en función del tiempo de mezclado

RANGO: 2 f'c diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>

Edad del espécimen	Tiempo 1.50 min.	Tiempo 20 min.	Tiempo 40 min.	Tiempo 60 min.	Tiempo 80 min.	Tiempo 100 min.	Tiempo 120 min.
(días)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>28</b>	<b>224.00</b>	<b>230.00</b>	<b>231.00</b>	<b>233.00</b>	<b>244.00</b>	<b>259.00</b>	<b>261.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47:

Resultados de asentamiento en función del tiempo de mezclado

RANGO: 2 f'c diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>

Edad del espécimen	Tiempo 1.50 min.	Tiempo 20 min.	Tiempo 40 min.	Tiempo 60 min.	Tiempo 80 min.	Tiempo 100 min.	Tiempo 120 min.
(días)	Slump (mm)	Slump (mm)	Slump (mm)	Slump (mm)	Slump (mm)	Slump (mm)	Slump (mm)
<b>28</b>	<b>140.00</b>	<b>130.00</b>	<b>128.00</b>	<b>120.00</b>	<b>111.00</b>	<b>100.00</b>	<b>80.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 45, la resistencia a la compresión aumenta para incremento de valores de tiempo de mezclado, y en la tabla 46, los valores de consistencia del concreto disminuyen conforme el tiempo de mezclado aumenta.

Según resultado del coeficiente de alfa de Cronbach = 0.99, lo cual indica que el grado de correlación es excelente; se concluye que, en la presente investigación se cumplió los objetivos y demostración de las Hipótesis.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- En el primer rango de estudio, vale decir para un tiempo de mezclado mínimo de 10 segundos a un máximo de 90 segundos, la resistencia a la compresión del concreto no alcanza la resistencia de diseño, a excepción de la resistencia para un tiempo de mezclado de 90 minutos, tiempo mínimo especificado en la norma E 060; por lo que no corresponde análisis exhaustivo de los demás indicadores como la consistencia del concreto, aire atrapado, etc.
- Para el segundo rango de estudio y análisis, cuyos tiempos de mezclados fueron de 1.5 a 120 minutos, se concluyó que la resistencia a la compresión final del concreto aumenta a medida que el tiempo de mezclado aumenta, pero con una disminución considerable de su consistencia, indicador que está directamente relacionado a la trabajabilidad del concreto; así mismo, se evidenció que el contenido de aire atrapado aumenta a medida que el tiempo de mezclado aumenta, lo que ocasiona un incremento de la permeabilidad del concreto.
- Según los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión para los diferentes tiempos de mezclados, el ingeniero, ejecutor o constructor podrá elegir el tiempo de mezclado ideal, que se adapte al tipo de estructura a fabricar, teniendo en cuenta la



trabajabilidad, permeabilidad; así como, también, el costo que puede demandar el tiempo en la preparación del concreto; por lo que el tiempo de mezclado óptimo para los concretos normales usando agregados de la cantera del río Mantaro dentro del valle del Mantaro, dependerá del análisis exhaustivo del constructor dentro de los rangos permitidos.

Siendo la resistencia a la compresión del concreto el indicador principal de la calidad de un concreto, por ende, un indicador de su resistencia final, en el presente estudio se determinó que, el tiempo de mezclado para la preparación de un concreto normal  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> usando agregados del río Mantaro está directamente relacionado con la resistencia final, tal como lo demuestra el coeficiente de alfa de Cronbach, en los dos rangos de tiempo analizados: R1, de 10 a 90 segundos y R2, de 1.5 a 120 minutos.

Así mismo El cemento es el componente más importante del concreto, por tanto, sus características y sobre todo su proporción dentro de la mezcla tienen una gran influencia en la resistencia del concreto a cualquier edad.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Existen múltiples formas y tipos de máquinas que son empleados en la preparación del concreto. Los resultados obtenidos en la presente investigación son válidos para concretos normales de resistencia  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, fabricados con mezcladora estacionaria tipo trompo; por lo que, para criterios de fabricación de concretos por otros métodos y diseños no deberán ser usados el presente estudio como referencia única.
- Debido a la importancia e incidencia del uso del concreto en la industria de la construcción, es importante ampliar los estudios de la fabricación de concreto en el valle del Mantaro, teniendo en cuenta los cambios de temperatura estacionarios, tipo de cemento empleado y equipos empleados en la fabricación entre otros; que permitan tener un marco teórico basto para la toma de decisiones en la fabricación del concreto.
- Según el presente estudio realizado, es importante y vital que el tiempo de mezclado en la preparación del concreto sea mínimo de 90 segundos.
- El tiempo máximo de mezclado de concreto dependerá del análisis exhaustivo del tipo de concreto requerido, teniendo en consideración que a mayor tiempo de mezclado la trabajabilidad del concreto disminuye y la permeabilidad aumenta; pero de ninguna manera podrán superar el tiempo de fraguado inicial del cemento, que para el presente estudio fue 120 minutos.

## REFERENCAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del Concreto*. Lima, Perú: San Marcos.
- Rivva, E. (2014). *Concretos de Alta Resistencia*. Lima, Perú: I.C.G.
- Rivva, E. (2014). *Supervisión del Concreto en Obra*. Lima, Perú: I.C.G.
- Niño, V. (2011). *Metodología de la Investigación*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Bogotá, Colombia: Bhandar Editores LTDA.
- Tafur, R. (1995). *La Tesis universitaria*. Lima, Perú: Mantaro.
- Niño, J. (2010). *Tecnología del concreto*. Bogotá, Colombia: Nomos Impresores
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. EE.UU.: Portland Cement Association.
- Pérez, V. (2011). *Diseño y Calculo de Estructuras de Concreto Reforzado*. México: Trillas.
- Ortega, J. (2015). *Diseño y Calculo de Estructuras de Concreto Armado*. Lima, Perú: Macro.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*. Lima, Perú: CIP.
- Recuperado de: [https://es.slideshare.net/cmanuel\\_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru](https://es.slideshare.net/cmanuel_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru).
- El Peruano (2006). *Norma E. 060*. Lima, Perú.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación de 6ta edición*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Porrero, J., Ramos, C., Velazco, G., & Grases, J. (2009). *Manuela del Concreto Estructural - 3era Edición*. Caracas.
- NTP, C. T. (s.f.). *Norma Técnica Peruana*. Lima: Indecopi.

**ANEXOS**

## ANEXO I: Matriz de Consistencia de la Investigación

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSION	METODOLOGIA
“ANALISIS DE LOS TIEMPOS DE MEZCLADO DE UN CONCRETO F’C=210 KG/cm2 Y SU RESISTENCIA USANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL RIO MANTARO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO”	PROBLEMA GENERAL: ¿En qué medida influye los tiempos de mezclado de un concreto normal en la resistencia usando agregados de la cantera del Río Mantaro en la ciudad de Huancayo?	OBJETIVO GENERAL: Analizar la relación de los tiempos de mezclado de un concreto normal con su resistencia usando agregados de la cantera del río Mantaro en la ciudad de Huancayo.	HIPOTESIS GENERAL: El tiempo de mezclado de un concreto f’c=210 Kg/cm2 usando agregados de la cantera del Río Mantaro influye directamente proporcional en la resistencia final.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Tiempo de mezclado y colocación del concreto	X1: testigo de concreto con tiempo de mezclado por debajo de 1.5 m. X2: testigo de concreto con tiempo de mezclado superior a 1.5 m e inferior al tiempo inicial de fraguado.	<p>TIPO: La presente investigación será de tipo correlacional debido a que acosa el grado de relación entre variables.</p> <p>DISEÑO: El diseño de la investigación será experimental, se tendrán registros adecuados de las variables y su respectivo control.</p> <p>UNIDAD DE ANÁLISIS La unidad de análisis de la investigación será los testigos de concreto f’c=210 Kg/cm2 , mezclados a tiempos variables</p> <p>POBLACIÓN DE ESTUDIO La población de estudio serán los testigos de concreto elaborados con agregados de la cantera del río Mantaro.</p> <p>TAMAÑO DE MUESTRA Se tomarán una muestra de 44 testigos los cuales serán sometidos a ensayos de resistencia a la compresión.</p> <p>TECNICA: A través de materiales bibliográficos, tesis, papers ubicados en internet, etc.</p>
	PROBLEMA ESPECIFICO 1: ¿En qué medida influye los tiempos de mezclado por debajo de lo estipulado en la norma (NTP E-060) de un concreto normal en la resistencia usando agregados de la cantera del río Mantaro en la ciudad de Huancayo?	OBJETIVO ESPECIFICO 1: Analizar en qué medida influye la resistencia de un concreto normal cuando el tiempo de mezclado es inferior a lo especificado en la norma E-060.	HIPOTESIS ESPECIFICA 1: El tiempo de mezclado de un concreto f’c=210 Kg/cm2 por debajo de lo estipulado en la norma E-060 influye negativamente en la resistencia final.			
	PROBLEMA ESPECIFICO 2: • ¿En qué medida varia la resistencia del concreto teniendo en cuenta el tiempo mínimo de mezclado y el tiempo máximo determinado por el inicio de fraguado de un concreto normal usando agregados de la cantera del río Mantaro en la ciudad de Huancayo?	OBJETIVO ESPECIFICO 2: Analizar en qué medida influye la resistencia de un concreto normal cuando el tiempo de mezclado es superior a lo especificado en la norma E-060 e inferior al tiempo inicial de fraguado	HIPOTESIS ESPECIFICA 2: La resistencia final del concreto f’c=210 Kg/cm2 con tiempos de mezclado y colocación dentro de los rangos máximos y mínimos permisibles varían considerablemente.	VARIABLE DEPENDIENTE: Resistencia a la compresión del concreto	Y1: resistencia a la compresión de testigos de concreto. R1 Y2: resistencia a la compresión de testigos de concreto. R2	
PROBLEMA ESPECIFICO 3: ¿Cuál es el rango de tiempo óptimo de mezclado de un concreto normal usando agregados de la cantera del río Mantaro en la ciudad de Huancayo?	OBJETIVO ESPECIFICO 3: Analizar cuál es el rango de mezclado favorable para obtener una mayor resistencia.	HIPOTESIS ESPECIFICA 3: Existe un rango de mezclado y colocación del concreto f’c=210 Kg/cm2 para la obtención de una resistencia final óptima.				

## ANEXO 2: Operalización de Variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE: Tiempo de mezclado del concreto	El tiempo de mezclado del concreto es considerado el tiempo que se mantiene la mezcla en la maquinaria una vez culminado la incorporación de todos los agregados.	Testigo de concretos a tiempos variables de mezclado	* Tiempo de mezclado inferiores a 1.5 m. * tiempo de mezclado superiores a 1.5 pero inferiores al tiempo inicial de fraguado	continua
VARIABLE DEPENDIENTE: Resistencia a la compresión del concreto	Es la resistencia de a la compresion del concreto medidos en testigos para un determinado diseño de resistencia	Resistencia del concreto a distintos tiempos de mezclado	Ensayos en la boratorio para medir la resistencia ala compresión.	continua

## ANEXO 3: Certificado de Diseño de Mezcla

DISEÑO DE MEZCLA  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ 

SOLICITA : BACH. WILIAM FERNANDO QUISPE CAMARGO  
OBRA : ANALISIS DE LOS TIEMPOS DE MEZCLADO DE UN CONCRETO  $f_c = 210 \text{ KG/CM}^2$ . Y SU RESISTENCIA USANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL RIO MANTARO  
LUGAR : HUANCAYO - JUNÍN

**MATERIALES**

CEMENTO : CEMENTO TIPO I  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA DE 3/4"  
PROCEDENCIA : CANTERA TRES DE DICIEMBRE  
FECHA : JUNIO 2020

**DATOS DE LABORATORIO**

	AGREGADO FINO	PIEDRA CHANCADA
Gravedad Específica	2.54	2.63
Modulo de Fineza	3.05	
% de Absorsión	1.25	1.33
Peso Unitario	1891	1766

**VALORES DE DISEÑO**

Tamaño Maximo A/G	3/4"
Asentamiento SLUMP	3" - 6"
Relación A/C	6.00 gal/bol
Factor Cemento	$56.00 / 6.00 = 9.33 \text{ bol./m}^3$
Aire Atrapado	0.01
Piedra Chancada	$1766 \times 0.59 = 1041.94 \text{ Kg/m}^3$

**VOLUMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS**

Cemento	$9.33 \times 42.5 / 3.15 / 1000$	0.126
Agua	$6.00 \times 3.785 / 1000$	0.023
Aire Atrapado	0.01	0.010
Piedra Chancada	$1041.9 / 2.63 / 1000$	0.396
		0.555
Volumen agreg. fino	$1.000 - 0.555$	0.445
		1.000 m <sup>3</sup>
Peso agreg. Fino seco suelto :	$0.445 \times 2.54 \times 1000 =$	1125.85 kg/m <sup>3</sup>

  
Susam Ortiz Casas  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 85269

  
Oscar Abraham Ortiz Jahn  
ESP DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca ® registrada en U Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

CANTIDAD DE MATERIALES POR M3

Cemento	9.33 *	42.5	396.67 kg
Agua	56.00 *	3.785	211.96 lt.
Agreg. fino			1125.85 kg.
Piedra Chancada			1041.94 kg.

EXPRESION DE LAS PROPORCIONES EN PESO

<u>396.67</u>	<u>1125.85</u>	<u>1041.94</u>	<u>211.96</u>
396.67	396.67	396.67	396.67
1.00	2.84	2.63	0.53

CANTIDAD DE MATERIALES POR BOLSA

Cemento			42.50 kg.
Agua	0.53 x	42.5	22.53 lt.
Agreg. fino	2.84 x	42.5	120.70 kg.
Piedra Chancada	2.63 x	42.5	111.78 kg.

CONVERSION DE P3 a M3

Peso Agreg. fino	1891 / 35	54.03 kg
Peso Piedra Chancada	1766 / 35	50.46 kg

DOSIFICACION EN VOLUMEN

Cemento	42.50 / 42.50	1.00 p3
Agreg. fino	120.70 / 54.03	2.23 p3
Piedra Chancada	111.78 / 50.46	2.22 p3

Muestra proporcionada por el interesado.

  
Susam Ortíz Casas  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 85269

  
Oscar Abraham Ortiz Vilin  
ESP DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS





SOLICITA : BACH. WILIAM FERNANDO QUISPE CAMARGO

OBRA : ANALISIS DE LOS TIEMPOS DE MEZCLADO DE UN CONCRETO F'C = 210 KG/CM2. Y SU RESISTENCIA USANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL RIO MANTARO

LUGAR : HUANCAYO - JUNÍN

**MATERIALES**

CEMENTO : CEMENTO ANDINO TIPO I

AGREGADO : ARENA GRUESA

PROCEDENCIA: CANTERA TRES DE DICIEMBRE

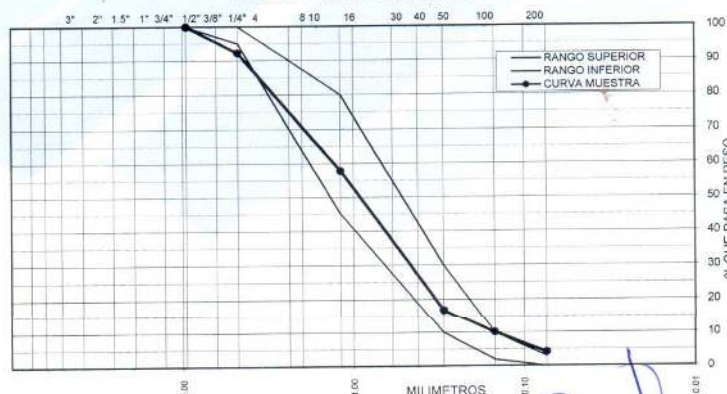
FECHA : MAYO 2020

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600		0.0	0.0	100.0		CANTERA
3"	76.200		0.0	0.0	100.0		UBICACION :
2 1/2"	63.500		0.0	0.0	100.0		MUESTRA : ARENA GRUESA
2"	50.800		0.0	0.0	100.0		MATERIAL : ARENA P' CONCRETO
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0		TAMAÑO MAX. : N° 4
1"	25.400		0.0	0.0	100.0		PESO TOTAL : 1930 gr.
3/4"	19.050		0.0	0.0	100.0		LIMITE LIQUIDO :
1/2"	12.700		0.0	0.0	100.0		INDICE PLAST. :
3/8"	9.625		0.0	0.0	100.0	100	HUM. NATURAL :
1/4"	6.350		0.0	0.0	100.0		CLASIFICACION :
# 4	4.760	160.0	7.8	7.8	92.2	95 - 100	M.FINEZA : 3.05
# 8	2.380	280.0	14.5	22.3	77.7	80 - 100	HUM. OPTIMA :
# 10	2.000	255.0	13.2	35.5	64.5		DENSIDAD MAX. :
# 16	1.190	130.0	6.7	42.2	57.8	50 - 85	CBR :
# 30	0.850	330.0	17.1	59.3	40.7	20 - 60	OBSERVACIONES:
# 40	0.420	280.0	14.5	73.8	26.2		GRAV. ESP.
# 60	0.297	180.0	9.3	83.2	16.8	10 - 30	% ABSORSION
# 100	0.149	130.0	6.7	89.9	10.1	2 - 10	P.U. VARILLADO
# 200	0.074	115.0	6.0	95.9	4.1	0 - 3	
< # 200		80.0	4.1	100.0	0.0		

**CURVA GRANULOMETRICA**



Muestra proporcionada por el interesado.

*Susam Ortiz Casas*  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 85269

*Oscar Abraham Ortiz Junin*  
ESP DE MECANICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca ® registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

SOLICITA : BACH. WILIAM FERNANDO QUISPE CAMARGO



OBRA ANALISIS DE LOS TIEMPOS DE MEZCLADO DE UN CONCRETO F'C = 210 KG/CM2. Y SU RESISTENCIA USANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL RIO MANTARO

LUGAR HUANCAYO - JUNIN

**MATERIALES**

CEMENTO CEMENTO ANDINO TIPO I

AGREGADO PIEDRA CHANCADA

LUGAR CANTERA TRES DE DICIEMBRE

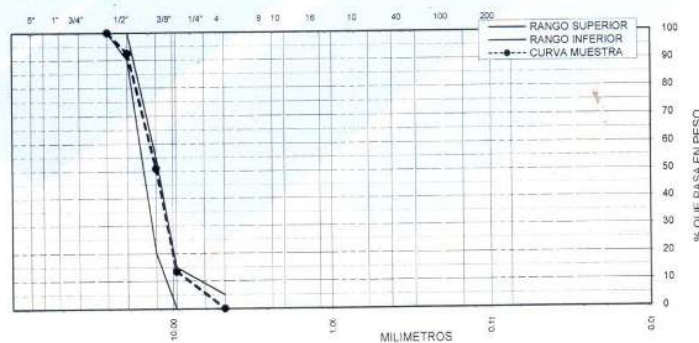
FECHA : MAYO 2020

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600	0.0	0.0	0.0	100.0		CANTERA : TRES DE DICIEMBRE
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0		UBICACION :
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0		MUESTRA : 1
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0		MATERIAL : PIEDRA
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0		TAMAÑO MAX. : 3/4"
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	100	PESO TOTAL : 2000 gr.
3/4"	19.050	150	7.5	7.5	92.5	90 - 100	LIMITE LIQUIDO :
1/2"	12.700	830	41.5	49.0	51.0	20 - 55	INDICE PLAST. :
3/8"	9.525	750	37.5	86.5	13.5	0 - 15	HUM. NATURAL :
1/4"	6.350	270	13.5	100.0	0.0		CLASIFICACION :
# 4	4.760	0	0.0	100.0	0.0	0 - 5	M.FINEZA :
# 8	2.380	0	0.0	100.0	0.0		HUM. OPTIMA :
# 10	2.000	0	0.0	100.0	0.0		DENSIDAD MAX. :
# 16	1.190	0.0	0.0	100.0	0.0		CBR. :
# 30	0.590	0.0	0.0	100.0	0.0		OBSERVACIONES:
# 40	0.420	0.0	0.0	100.0	0.0		
# 50	0.297	0.0	0.0	100.0	0.0		
# 100	0.149	0.0	0.0	100.0	0.0		
# 200	0.074	0.0	0.0	100.0	0.0	MAX. 1.0	
< # 200	0	0	0.0	100.0	0.0		

**CURVA GRANULOMETRICA**



Muestra proporcionada por el interesado.

**Susam Ortiz Casas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 85269

**Oscar Abraham Ortiz Jahn**  
ESP DE MECANICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca ® registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

## ANEXO 4: Certificado de Ensayo de Abrasión

**RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASION**

Empleando Maquina de los Angeles

DEE A6 - 1983

PROYECTO : ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS DE MEZCLADO DE UN CONCRETO FC = 210  
KG/CM2 Y SU RESISTENCIA USANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL  
RIO MANTARO

SOLICITA : BACHILLER WILIAM FERNANDO QUISPE CAMARGO

PROCEDENCIA : CANTERA 3 DE DICIEMBRE  
COORDENADAS E 474183 - N 8661902

FECHA : 20/12/2020

IDENTIFICACION					
MUESTRA	.01.				
Profundidad	**				
Graduación	A				
Peso Inicial	5000				
Peso Mat. Ret. Malla N° 12 gr.	3490				
Peso Mat. Pasa Malla N° 12 gr.	1510				
Porcentaje Desgaste (%)	30.20				

EL ENSAYO SE REALIZA CON APLICACIÓN DE 12 ESFERAS

PORCENTAJE DE DESGASTE: 

Muestra Nro. 01 = 30.20			
-------------------------	--	--	--

Muestra proporcionada por el interesado

  
**Susana Ortiz Casas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 85269

  
**Oscar Abraham Ortiz Jahn**  
ESP. EN MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS



## ANEXO 5: Ficha Técnica cemento Andino T 1



## Ficha Técnica

## CEMENTO ANDINO PREMIUM

**Descripción:**

- Es un Cemento Portland Tipo I, obtenido de la molienda Clinker Tipo I y yeso.

**Beneficios:**

- Alta resistencia a mediano y largo plazo, alta durabilidad.
- Excelente trabajabilidad y acabado.
- Bajo contenido de álcalis. Buena resistencia a los agregados álcali reactivos.
- Moderada resistencia al salitre.

**Usos:**

- Estructuras sólidas de acabados perfectos.
- Construcciones en general de gran envergadura como, puentes, estructuras industriales y conjuntos habitacionales.

**Características Técnicas:**

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

**Formato de Distribución:**

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



### Recomendaciones

**Dosificación:**

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del Cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

**Manipulación:**

- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

**Almacenamiento:**

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

## Requisitos mecánicos

### Comparación resistencias NTP-334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Andino Premium



## Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Andino Premium	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.08	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.01	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	361	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.15	No especifica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	274	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	340	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	440	Mínimo 285*
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	116	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	285	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	1.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.68	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.49	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.69	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	15.53	No especifica
C <sub>3</sub> S	%	57.35	No especifica
C <sub>3</sub> A	%	7.50	No especifica
C <sub>4</sub> AF	%	10.61	No especifica
<b>Álcalis Equivalentes</b>			
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.47	Requisito opcional, máximo 0.60
<b>Resistencia a los Sulfatos</b>			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.083	0.10 % máx. a 180 días

\*Requisito opcional