

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL TIEMPO DE MEZCLADO Y  
VELOCIDAD DEL FRAGUADO EN LA RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES F'C=210  
KG/CM2 - YANACANCHA - PASCO – 2018**

---

**TESIS**

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

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Cynthia Katterine TICLAVILCA INCHE**

**PASCO – PERU**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL TIEMPO DE MEZCLADO Y VELOCIDAD DEL FRAGUADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES F'C=210 KG/CM<sup>2</sup> - YANACANCHA - PASCO – 2018”**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Cynthia Katterine TICLAVILCA INCHE

**SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LA COMISIÓN DE JURADOS**

---

Mg. Eusebio ROQUE HUAMAN

PRESIDENTE

---

Ing. Pedro YARASCA CÓRDOVA

MIEMBRO

---

Ing. Eder Guido ROBLES MORALES

MIEMBRO

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres por su inmenso apoyo en todos estos años, a mi esposo que comparte conmigo el día a día y a mi hijo Mateo, que es mi motivo para seguir adelante.

## RESUMEN

El siguiente trabajo busca ahondar el conocimiento que se tiene sobre la influencia del tiempo de mezclado y la velocidad del fraguado para una resistencia del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en concretos premezclados; en vista que su uso se ha ido incursionando cada vez con mayor fuerza por el crecimiento en cuanto obras se refiere.

Las empresas concreteras van aumentando, al mismo tiempo las obras que necesitan volúmenes grandes de concreto. Estas se encuentran en diversos puntos de nuestra región, por tal razón, el tiempo que se necesita para llegar desde la concretera hasta la puesta en obra afecta en la trabajabilidad y la resistencia del concreto, el cual simboliza un problema y requiere su estudio para determinar cuál y cuánto es la variación que existe en estas dos grandes propiedades.

El estudio para la tesis presentada está enfocada al distrito de Yanacancha y demás lugares alrededor que compartan el mismo tipo de clima y la altura con respecto al nivel del mar.

## **SUMMARY**

The following work seeks to deepen the knowledge that is had about the influence of the mixing time and the setting speed for a concrete resistance  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$  in pre-mixed concretes; in view that its use has been penetrating every time with greater force by the growth as far as works are concerned.

The concrete companies are increasing, at the same time the works that need large volumes of concrete. You are in different parts of our region, for this reason, the time it takes to get from the concrete to the work affects the workability and strength of concrete, which symbolizes a problem and requires its study to determine what and how much is the variation that exists in these two large properties.

The study for the thesis presented is focused on the district of Yanacancha and other places around that share the same type of climate and height with respect to sea level.

# INDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>iv</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>v</b>
<b>INDICE GENERAL</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE DE TABLA</b>	<b>ix</b>
<b>INDICE DE IMAGEN</b>	<b>x</b>
<b>INDICE DE GRAFICO</b>	<b>xi</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>3</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>3</b>
1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	4
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS	4
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. OBJETIVOS GENERAL.	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	5
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.5.1. IMPORTANCIA	6
1.5.2. ALCANCES	7
1.6. LIMITACIONES	7
1.6.1. LIMITACIONES GEOGRAFICAS	7
1.6.2. LIMITACIONES DE ESTUDIO	7
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>8</b>
<b>MARCO TEORICO</b>	<b>8</b>
2.1. ANTECEDENTES	8
2.2. BASES TEÓRICO – CIENTÍFICOS	15
2.2.1. CONCRETO.	15
2.2.1.1. DEFINICIÓN.	15
2.2.1.2. IMPORTANCIA.	16
2.2.1.3. CARACTERISTICAS.	17
2.2.1.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO.	18
2.2.1.5. TIPOS DE CONCRETO.	23

2.2.1.6.	ENSAYO EN CONCRETO FRESCO.	26
2.2.1.7.	ENSAYO EN CONCRETO ENDURECIDO.	29
2.2.2.	AGREGADO.	33
2.2.2.1.	DEFINICIÓN.	33
2.2.2.2.	IMPORTANCIA.	34
2.2.2.3.	CLASIFICACIÓN.	35
2.2.2.4.	PROPIEDADES.	44
2.2.3.	CEMENTO.	53
2.2.3.1.	DEFINICIÓN.	53
2.2.3.2.	COMPOSICIÓN.	54
2.2.3.3.	TIPOS.	56
2.2.3.4.	HIDRATACIÓN.	57
2.2.3.5.	FRAGUADO.	58
2.2.3.6.	ENDURECIMIENTO.	59
2.2.3.7.	PROPIEDADES FÍSICAS.	60
2.2.4.	AGUA.	64
2.2.4.1.	DEFINICIÓN.	64
2.2.4.2.	FUNCIONES.	65
2.2.4.3.	REQUISITOS PARA SU USO.	66
2.2.5.	DISEÑO DE MEZCLAS.	67
2.2.5.1.	SECUENCIA MÉTODO ACI-211.	68
2.2.5.2.	PARÁMETROS NECESARIOS.	69
2.2.5.3.	PROCEDIMIENTO.	70
2.2.6.	TIEMPO DE FRAGUA.	78
2.2.6.1.	TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL.	78
2.2.6.2.	TIEMPO DE FRAGUADO FINAL.	79
2.2.7.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	80
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	81
2.4.	HIPÓTESIS	83
2.4.1.	HIPOTESIS GENERAL.	83
2.4.2.	HIPOTESIS ESPECÍFICA.	83
2.5.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	83
2.5.1.	VARIABLES INDEPENDIENTES.	83
2.5.2.	VARIABLES DEPENDIENTES.	83
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>84</b>
<b>METODOLOGÍA</b>		<b>84</b>
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	84
3.1.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.	84
3.1.2.	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.	84
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	85
3.3.	POBLACIÓN MUESTRA	85
3.4.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	86
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	86
3.5.1.	TECNICAS E INSTRUMENTOS	86

3.5.2. INSTRUMENTOS.	87
3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	87
3.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS	88
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>89</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>89</b>
4.1. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE CUADROS	89
4.1.1. EXTRACCIÓN DE AGREGADO.	90
4.1.2. PROPIEDADES DEL AGREGADO.	91
4.1.3. DISEÑO DE MEZCLAS.	94
4.1.4. ASENTAMIENTO.	95
4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	97
4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS	104
4.3.1. HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.	104
4.3.2. PRUEBA DEL HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.	104
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	105
4.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS	108
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>109</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>111</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>112</b>
<b>ANEXO</b>	<b>115</b>

# INDICE DE TABLA

<b>Tabla 1.</b> Requisitos de la barra compactadora .....	30
<b>Tabla 2.</b> Método de consolidación requisitos de aplicación .....	30
<b>Tabla 3.</b> Moldeo de especímenes por apisonado.....	30
<b>Tabla 4.</b> Tolerancias prescritas para los ensayos .....	33
<b>Tabla 5.</b> Rocas y Constituyentes minerales en agregados para concreto .....	37
<b>Tabla 6.</b> Límites de Granulometría según ASTM - fina .....	39
<b>Tabla 7.</b> Requerimiento de Granulometría del Agregado Grueso.....	40
<b>Tabla 8.</b> Clasificación de la Forma de las Partículas .....	42
<b>Tabla 9.</b> Clasificación de la Textura Superficial de los Agregados .....	43
<b>Tabla 10.</b> Clasificación por la densidad de los Agregados .....	44
<b>Tabla 11.</b> Componentes fundamentales de la mezcla cruda .....	54
<b>Tabla 12.</b> Componentes del cemento portland .....	54
<b>Tabla 13.</b> Partes por millón aceptables en el agua de mezcla .....	66
<b>Tabla 14.</b> Resistencia a la compresión según la resistencia requerida. ....	70
<b>Tabla 15.</b> Resistencia a la compresión de diseño de acuerdo a la resistencia requerida .....	70
<b>Tabla 16.</b> Revenimiento mínimo y máximo según tipo de construcción. ....	71
<b>Tabla 17.</b> Volumen unitario de agua de acuerdo al TMN y el Slump .....	72
<b>Tabla 18.</b> Contenido de aire atrapado de acuerdo al TMN .....	72
<b>Tabla 19.</b> Relación agua/cemento de acuerdo a la resistencia. ....	74
<b>Tabla 20.</b> Resistencia a la compresión de acuerdo a la relación agua/cemento .....	74
<b>Tabla 21.</b> Cálculo del contenido de cemento de acuerdo a la relación agua/cemento .....	75
<b>Tabla 22.</b> Cálculo del volumen de cemento para cada contenido de este .....	75
<b>Tabla 23.</b> Volumen de agregado grueso para diferentes módulos de fineza.....	76
<b>Tabla 24.</b> Cálculo del peso seco del agregado grueso para cada relación a/c.....	77
<b>Tabla 25.</b> Tolerancias permisibles - Resistencias a la compresión.....	80
<b>Tabla 26.</b> Numero de Probetas.....	85
<b>Tabla 27.</b> Ubicación UTM de Cantera - Vicco.....	90
<b>Tabla 28.</b> Contenido de Humedad de Agregado Fino .....	91
<b>Tabla 29.</b> Contenido de Humedad de Agregado Grueso.....	92
<b>Tabla 30.</b> Granulometría Agregado Fino.....	92
<b>Tabla 31.</b> Granulometría Agregado Grueso.....	92
<b>Tabla 32.</b> P.U.S – Agregado Grueso.....	92
<b>Tabla 33.</b> P.U.S – Agregado Fino. ....	93
<b>Tabla 34.</b> P.U.C. – Agregado Grueso.....	93
<b>Tabla 35.</b> P.U.C. – Agregado Fino .....	93
<b>Tabla 36.</b> P.U.S – Agregado Fino .....	93
<b>Tabla 37.</b> P.E.N. - Agregado Grueso.....	93
<b>Tabla 38.</b> P.U.S – Agregado Fino .....	93
<b>Tabla 39.</b> Absorción - Piedra Grueso .....	94
<b>Tabla 40.</b> Propiedades de Materiales .....	94
<b>Tabla 41.</b> Relación de Diseño en Pesos .....	94

<b>Tabla 42.</b> Relación de Diseño por tanda de saco.....	94
<b>Tabla 43.</b> Relación de Diseño para el vaciado de 9 probetas .....	95
<b>Tabla 44.</b> Asentamiento de Concreto del Diseño N°01 .....	95
<b>Tabla 45.</b> Asentamiento de Concreto del Diseño N°02 .....	96
<b>Tabla 46.</b> Asentamiento de Concreto del Diseño N°03 .....	96
<b>Tabla 47.</b> Resistencia a la Compresión - Diseño N°01 - 1Hora.....	98
<b>Tabla 48.</b> Resistencia a la Compresión - Diseño N°01 - 2Hora.....	98
<b>Tabla 49.</b> Resistencia a la Compresión - Diseño N°01 - 3Hora.....	98
<b>Tabla 50.</b> Promedio a la Resistencia a la Compresión - Diseño N°01.....	99
<b>Tabla 51.</b> Resistencia a la Compresión - Diseño N°02 - 1Hora.....	100
<b>Tabla 52.</b> Resistencia a la Compresión - Diseño N°02 - 2Hora.....	100
<b>Tabla 53.</b> Resistencia a la Compresión - Diseño N°02 - 3Hora.....	100
<b>Tabla 54.</b> Promedio a la Resistencia a la Compresión - Diseño N°02.....	101
<b>Tabla 55.</b> Resistencia a la Compresión - Diseño N°03 - 1Hora.....	102
<b>Tabla 56.</b> Resistencia a la Compresión - Diseño N°03 - 2Hora.....	102
<b>Tabla 57.</b> Resistencia a la Compresión - Diseño N°03 - 3Hora.....	102
<b>Tabla 58.</b> Promedio a la Resistencia a la Compresión - Diseño N°03.....	103
<b>Tabla 59.</b> Tiempo de Fraguado.....	104
<b>Tabla 60.</b> Tiempo de Fraguado.....	106
<b>Tabla 61.</b> Velocidad de Fraguado.....	107

## **INDICE DE IMAGEN**

<b>Imagen 1.</b> Mapa de Localización de Localidad .....	7
<b>Imagen 2.</b> Proporción típicas en volumen de los componentes del concreto.....	33
<b>Imagen 3.</b> Estados de Saturación del Agregado.....	45

## INDICE DE GRAFICO

<b>Gráfico 1.</b> Asentamiento VS Tiempo Transcurrido - Diseño N° 01 .....	95
<b>Gráfico 2.</b> Asentamiento VS Tiempo Transcurrido - Diseño N° 02 .....	96
<b>Gráfico 3.</b> Asentamiento VS Tiempo Transcurrido - Diseño N° 03 .....	97
<b>Gráfico 4.</b> Perdida de Sentamiento del Concreto.....	97
<b>Gráfico 5.</b> Resistencia a la Compresión VS Tiempo de Mezclado Diseño N °01 .....	99
<b>Gráfico 6.</b> Edad VS Resistencia a la Compresión – Diseño N°01 .....	99
<b>Gráfico 7.</b> Resistencia a la Compresión VS Tiempo de Mezclado Diseño N °02 .....	101
<b>Gráfico 8.</b> Edad VS Resistencia a la Compresión – Diseño N° 02 .....	101
<b>Gráfico 9.</b> Edad VS Resistencia a la Compresión – Diseño N° 03 .....	103
<b>Gráfico 10.</b> Resistencia a la Compresión VS Tiempo de Mezclado Diseño N °03.....	103
<b>Gráfico 11.</b> Perdida de Asentamiento (2).....	105
<b>Gráfico 12.</b> Contenido de Aire.....	106
<b>Gráfico 13.</b> Velocidad del fraguado.....	107

## INTRODUCCIÓN

La evolución de la industria de la construcción nos condiciona a hacer uso del concreto premezclado especialmente para vaciados masivos, la incursión de este producto en nuestra región es reciente y por ello nuestra zona carece de trabajos de investigación al respecto.

El desarrollo de la tecnología de aditivos y su interacción con el tipo de clima que experimentamos nos condiciona a realizar trabajos de investigación que nos permita conocer su comportamiento.

Los resultados hallados contribuyen al desarrollo del conocimiento para el tiempo de mezclado en la elaboración del concreto que afecta directamente en la trabajabilidad y en el fraguado; propiedades que son determinantes para la colocación del concreto ya que, a mayor tiempo de mezclado se observará mayor pérdida de asentamiento.

La ficha de diagnóstico presenta información sobre cada paso del proceso constructivo.

Esta investigación se divide en:

- **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**, en donde se efectúa la identificación del problema; en el uso empírico del concreto premezclado, dentro del diseño de concreto para elementos estructurales.

- CAPITULO II: MARCO TEORICO, en donde se describe en macro las bases teóricas que sustentan el desarrollo de la presente investigación.
- CAPITULO III: METODOLOGIA, en donde describe el proceso del desarrollo de la investigación; la cual es desarrollada mediante ensayos de laboratorio.
- CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION, en donde se describe los resultados de las propiedades físicas – mecánicas de las probetas presentadas.
- CONCLUSIÓN, es donde se describe las ideas en conclusiones de la investigación.
- RECOMENDACIÓN, es donde se describe las recomendaciones que se desprende los resultados obtenidos.
- REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA, es donde se describe las referencias utilizadas para la redacción de la presente investigación.
- ANEXO, es donde se detalla todo lo necesario para complementar la presente investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA**

En la localidad del distrito Yanacancha, Provincia y Región de Pasco, el uso del concreto premezclado, ha venido incursionando en estos últimos años, especialmente para la construcción de edificaciones y elementos estructurales; sin embargo, el concreto premezclado, trae consigo limitaciones como, por ejemplo:

- El tiempo de mezclado mínimo y el tiempo de mezclado máximo.
- Que tenga que ser concreto fluido para así ser bombeado hasta el lugar requerido; para lograr esta propiedad es necesario hacer uso de aditivos Plastificantes y/o Retardadores de fragua sin hacer que varíe la relación agua cemento.

Por el cual el empleo de concretos premezclado requiere hacer diseños con el uso de aditivos generalmente con pruebas ensayadas en

laboratorio sin embargo el uso de aditivos trae consigo una serie de recomendaciones y restricciones en las que estrictamente se deberán de cumplir.

Teniendo como base teórica antecedentes de las investigaciones realizados, el cual, por intermedio de ellos se tiene la existencia del conocimiento de un tiempo mínimo de mezclado del concreto con el aditivo, sin embargo, existe la pregunta de qué sucede si la mezcla no alcanza el tiempo mínimo de mezclado requerido o que sucede si el tiempo de mezclado es excesivo; debido a esas interrogantes nace el problema.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la influencia del tiempo de mezclado y velocidad del fraguado en la resistencia a la compresión en elementos estructurales?

### **1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál es el tiempo de fraguado inicial del concreto para elementos estructurales  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  considerando el tiempo de mezclado?
- ¿Cuál el tiempo de fragua final del concreto normal  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  considerando el tiempo de mezclado?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1.OBJETIVOS GENERAL.**

Determinar la influencia del tiempo de mezclado y velocidad del fraguado en la resistencia a la compresión en elementos estructurales.

#### **1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Determinar el tiempo de fraguado inicial del concreto para elementos estructurales  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  considerando el tiempo de mezclado.
- Determinar el tiempo de fraguado final del concreto normal  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  considerando el tiempo de mezclado.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

El uso del concreto premezclado se solicita con mayor frecuencia, especialmente para vaciados masivos y como este servicio es un tanto reciente, nuestra zona carece de trabajos de investigación al respecto.

El desarrollo de la tecnología de aditivos y su interacción con el tipo de clima que experimentamos nos condiciona a realizar trabajos de investigación que nos permita conocer su comportamiento.

Se cuenta con la norma NTP 339.114 (ASTM C94) que regula y establece las características del concreto premezclado; sin embargo, estas nos muestran parámetros generales de aceptabilidad sin

considerar ciertos aspectos que solo se llegan a determinar con los trabajos de investigación como estos.

En la construcción de edificaciones de varios niveles (edificios) y estructuras importantes como puentes, bypass y otros, el uso del concreto premezclado es importante y más aún si requerimos el uso de concretos en grandes cantidades y que estos tengan que ser bombeados al lugar de su ubicación final, para ello se cuenta con aditivos como Súper Plastificantes y/o retardadores de fragua que permitan el uso más eficiente del cemento y garanticen la resistencia sin variar la relación agua cemento; sin embargo, el empleo de concreto premezclado en obra nos condiciona a tener parámetros en el tiempo de mezclado, se ha observado por casos fortuitos que puede prolongarse el tiempo de mezclado o podría no alcanzar el tiempo mínimo requerido para ello determinar el tiempo de fraguado del concreto es muy importante y verificar la variación en la resistencia final obtenida.

## **1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. IMPORTANCIA**

La importancia conlleva a determinar el nivel de la relación de agua/cemento de acuerdo al tiempo de mezclado a controlar en el concreto premezclado para la ciudad de Yanacancha - Pasco -2018.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

El presente proyecto de investigación tiene antecedentes en las siguientes investigaciones:

TEMA : TIEMPO DE FRAGUADO DEL HORMIGÓN

AUTOR : María Anabela Gabalec

INSTITUCIÓN : Universidad Tecnología Nacional

AÑO : 2008

PAIS : Argentina

RESUMEN : Según Cement and Concrete Terminology ACI 116R-00 define al fraguado como:

La condición alcanzada por una pasta cementicia, mortero u hormigón que ha perdido plasticidad hasta un nivel arbitrario, generalmente medido en términos de la resistencia a la penetración; fraguado inicial se refiere a la primera rigidización; fraguado final se refiere a una rigidez significativa; también, deformación remanente luego de retirada la tensión. El tiempo de fraguado es un periodo en el cual mediante reacciones químicas del cemento y el agua conducen a un proceso, que, mediante diferentes velocidades de reacción, generan calor y dan origen a nuevos compuestos, estos en la pasta de cemento generan que este endurezca y aglutine al agregado de la mezcla de hormigón, y se ponga fuerte y denso, adquiriendo de este modo una cierta resistencia, este tiempo es de suma importancia debido a que nos permite colocar y acabar el hormigón. (...)

TEMA : INFLUENCIA DEL TIEMPO DE MEZCLADO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO Y VELOCIDAD DE FRAGUADO EN CONCRETO NORMAL  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

AUTOR : Darío Leonel COLQUEHUANCA HAÑARI

INSTITUCIÓN : Universidad Nacional del Altiplano

AÑO : 2017

RESUMEN : Este trabajo de investigación tiene por finalidad dar una perspectiva al lector, acerca de los tiempos de mezclado de un concreto normal y haciendo uso de aditivos retardadores de fragua, se determina el tiempo mínimo requerido para el mezclado del concreto y el tiempo máximo permisible, la evolución y velocidad de fragua de acuerdo a los diferentes tiempos de mezclado y proporciones del aditivo.

Para determinar la influencia del tiempo de mezclado en la resistencia del concreto, se ha considerado mezclas de prueba de las mismas características del concreto

premezclado con tiempos variables de mezclado y curado bajo las mismas condiciones. Las resistencias obtenidas se comparan con la elaboración de cuadros estadísticos y gráficos de desarrollo de la resistencia vs tiempo de mezclado de acuerdo a cada edad. (...)

TEMA : RELACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO A EDADES DE 3, 7, 14, 28 Y 56 DIAS RESPECTO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO A EDAD DE 28 DIAS

AUTOR : Fernando Lorenzo SANCHEZ MUÑOZ  
Robinson David TAPIA MEDINA

INSTITUCIÓN : Universidad Privada Antenor Orrego

AÑO : 2015

RESUMEN : En esta tesis de investigación se tiene como objetivo principal determinar la relación de la resistencia a la compresión de cilindros de

concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días, logrando expresar mediante una ecuación el comportamiento del concreto en su etapa de fraguado. Para llegar a cumplir con este objetivo, se tomó como material de esta investigación las probetas cilíndricas, cuyas dimensiones son de 15 cm. x 30 cm. Se llevó a cabo la mezcla de los concreto utilizando 3 tipos de cementos comercializados en el medio (cementos Pacasmayo): Cemento portland Tipo Ico, Cemento portland Tipo V y Cemento portland Tipo Ms.

TEMA : INFLUENCIA DEL PORCENTAJE Y TIPO DE ACELERANTE, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN LA FABRICACION DE UN CONCRETO DE RAPIDO FRAGUADO

AUTOR : Jair Frank BACA PINELO

José Reynerio BOY SANCHEZ

INSTITUCIÓN : Universidad Nacional de Trujillo

AÑO : 2015

RESUMEN : En esta investigación se evaluó la influencia que tiene el porcentaje y el tipo de aditivo acelerante sobre la resistencia a la compresión de concreto elaborado con cemento Pacasmayo tipo ICo.

Las probetas se elaboraron según la norma ASTM C39, en total se realizaron 60 probetas de 15 cm de diámetro x 30 cm de altura a base de arena, piedra, cemento, agua aditivos Sika3 y Chema3. Los porcentajes de reemplazo que se utilizó en esta investigación fueron de 1, 2, 3, 4, 5% en peso.

Las probetas se dejaron curar durante 7 días, para después realizarles el ensayo de compresión. (...)

TEMA : ESTUDIO TERMODINÁMICO TEÓRICO - PRÁCTICO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE VACIADOS DE CONCRETO MASIVO A MÁS DE 4 700 M.S.N.M EN LA SIERRA DEL PERÚ

AUTOR : Marco Andrés ZEÑA VELA

INSTITUCIÓN : Pontificia Universidad Católica del Perú

AÑO : 2015

RESUMEN : Cuando se trata de concreto masivo la principal diferencia que se presenta frente a un concreto distinto, es su comportamiento térmico. Esto se debe a que, la baja conductibilidad térmica del concreto no permite que el calor generado en su interior se disipe rápidamente, causando diferenciales altos de temperatura entre la cara expuesta del elemento y el interior.

En el presente trabajo de tesis se expone las principales características del concreto masivo, indicando cuáles son los parámetros que tienen mayor redundancia en el diseño de la mezcla.

Además, se mencionan cuáles son las normativas vigentes que rigen sobre estos tipos de elementos.

A su vez, se presentan los diferentes métodos que se utilizan para calcular el incremento de

temperatura que existe en el interior debido al calor de hidratación del cemento.

Dentro de estos métodos se presenta el que expone el ACI 207.2 para concreto masivo sin refuerzo estructural, el cual usaremos como referencia para calcular el incremento de temperatura en los elementos masivos estructurales. A continuación, se presentan dos casos de proyectos ubicados en la sierra del Perú, en los cuales se han colocado termocuplas para poder extraer información del incremento de temperatura que se genera en el interior y en la cara externa del elemento durante los primeros días luego del vaciado.  
(...)

## **2.2. BASES TEÓRICO – CIENTÍFICOS**

### **2.2.1. CONCRETO.**

#### **2.2.1.1. DEFINICIÓN.**

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia.

*(Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 11).*

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado. *(ICG., Naturaleza y Materiales del Concreto, 2004, Pág.8).*

El concreto es un material de uso común, o convencional y se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. *(Ing. Ana Torre C., Curso Básico de Tecnología del Concreto para Ingenieros Civiles, 2004, Pág. 74).*

#### **2.2.1.2. IMPORTANCIA.**

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país.

Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la calidad profesional del ingeniero, el concreto es, en general, desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades,

selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales. *(ICG., Naturaleza y Materiales del Concreto, 2004, Pág.8).*

### **2.2.1.3. CARACTERISTICAS.**

Entre los factores que hacen del concreto un material de construcción Universal tenemos:

- La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica.
- Su elevada resistencia a la compresión lo que le hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión, como columnas y arcos.
- Su elevada resistencia al fuego y a la penetración del agua.

Pero el concreto también tiene desventajas como, por ejemplo:

- Con frecuencia el concreto se prepara en el sitio en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción, es decir el control de calidad no es tan bueno.

- El concreto es un material de escasa resistencia a la tracción. Esto hace difícil su uso en elementos estructurales que están sometidos a tracción por completo (como los tirantes) o en parte de sus secciones transversales (como vigas u otros elementos sometidos a flexión).

Para superar esta limitación se utiliza el acero, con su elevada resistencia a tracción. La combinación resultante de ambos materiales, se conoce como concreto armado, posee muchas de las mejores propiedades de cada uno. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 11, 12*).

#### **2.2.1.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO.**

Las características del concreto han de ser función del fin para el cual está destinado. Por ello la selección de las propiedades de la unidad cubica de concreto debe permitir obtener un concreto con la facilidad de colocación, densidad, resistencia, durabilidad u otras propiedades que se consideran necesarias para el caso particular para el cual la mezcla está siendo diseñada. (*Rivva López, Propiedades del Concreto, 2014, pág. 37*).

- **TRABAJABILIDAD:** Se entiende por trabajabilidad a aquella propiedad del concreto al estado no endurecido la cual determina su capacidad para ser manipulada, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que presente segregación. (*Rivva López, Propiedades del Concreto, 2014, pág. 37*).
- **CONSISTENCIA:** La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. La consistencia está relacionada, pero no es sinónimo de trabajabilidad. Así, por ejemplo, una mezcla muy trabajable para pavimento puede ser consistente, en tanto que una mezcla poco trabajable en estructuras con alta concentración de acero puede ser de consistencia plástica. (*Rivva López, Propiedades del Concreto, 2014, pág. 40*).
- **RESISTENCIA:** La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser

soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad. La resistencia es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo. Pero el ingeniero diseñador de la mezcla debe recordar que otras propiedades, tales como la durabilidad, permeabilidad, o resistencia al desgaste pueden ser tanto o más importantes que la resistencia, dependiendo de las características y ubicación de la obra. (Rivva López, *Propiedades del Concreto*, 2014, pág. 42).

- **DURABILIDAD:** El concreto debe ser capaz de endurecer mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuís o hacerle perder su capacidad estructural. Por tanto, se define como concreto durable a aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio las cuales él está

sometido. (Rivva López, *Propiedades del Concreto*, 2014, pág. 44, 45).

- **DENSIDAD:** En determinados tipos de obras, la selección de las proporciones de la mezcla de concreto es efectuada fundamentalmente para obtener alta densidad. En estos casos, empleando agregados especiales, se pueden obtener concretos trabajables con pesos unitarios del orden de  $5600 \text{ kg/m}^3$ . (Rivva López, *Propiedades del Concreto*, 2014, pág. 47).
- **GENERACION DE CALOR:** Un aspecto importante de la selección de las propiedades de los concretos masivos es el tamaño y perfil de la estructura en la cual ellos van a ser empleados. Ellos son debido a que la colocación de grandes volúmenes de concreto puede obligar a tomar medidas para controlar la generación de calor debida al proceso de hidratación de cemento, con los resultantes cambios de volumen en el interior de la masa de concreto y el incremento en el peligro de figuración del mismo. Como regla general, para los cementos normales Tipo I, la hidratación deberá generar una elevación de temperatura del concreto del orden de 6 a  $11 \text{ }^\circ\text{C}^\circ$

por saco de cemento por metro cubico de concreto.

Si la elevación de la temperatura de la masa de concreto no es mantenida en un mínimo, o si no permite que el calor se disipe a una velocidad razonable, o si se permite que el concreto se enfríe rápidamente, puede presentarse agrietamiento. (Rivva López, *Propiedades del Concreto*, 2014, pág. 47, 48).

- **ESCURRIMIENTO PLASTICO:** Cuando el concreto está sujeto a una carga constante, la deformación producida por dicha carga puede ser dividida en dos partes: la deformación elástica, la cual ocurre inmediatamente y desaparece totalmente en cuanto se remueve la carga, y el escurrimiento plástico el cual se desarrolla gradualmente.

El escurrimiento plástico puede por lo tanto ser definido como el alargamiento o acortamiento que sufre una estructura de concreto como consecuencia de una sollicitación uniforme y constante de tracción o compresión respectivamente. (Rivva López, *Propiedades del Concreto*, 2014, pág. 49).

- **DILATACION TERMICA:** Sabemos que las propiedades térmicas del concreto son importantes en relación con el mantenimiento en valores mínimos de los cambios de volumen. Como coeficiente de dilatación térmica del concreto puede aceptarse 1/100 000, siempre que no se determine otro valor para casos especiales, dado que el valor real es una magnitud variable que depende del tipo de cemento, de las características de los agregados y de su volumen en unidad cubica de concreto, así como el grado de humedad y de las dimensiones de la sección transversal. (*Rivva López, Propiedades del Concreto, 2014, pág. 50*).

#### 2.2.1.5. TIPOS DE CONCRETO.

A. **CONCRETO SIMPLE:** Es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso y agua.

En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto

por la misma pasta. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 12*).

B. **CONCRETO ARMADO:** Se denomina así al concreto simple cuando éste lleva armaduras de acero como refuerzo y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar los esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 13*).

C. **CONCRETO ESTRUCTURAL:** Se denomina así al concreto simple, cuando este es dosificado, mezclado, transportado y colocado, de acuerdo a especificaciones precisas, que garanticen una resistencia mínima pre-establecida en el diseño y una durabilidad adecuada. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 13*).

D. **CONCRETO CICLOPEO:** Se denomina así al concreto simple que está complementado con piedras desplazadoras de tamaño máximo de 10", cubriendo hasta el 30% como máximo, del volumen total.

Las piedras deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable de que cada piedra, en su ubicación definitiva debe estar totalmente rodeada de concreto simple. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 13*).

E. **CONCRETOS LIVIANOS:** Son preparados con agregados livianos y su peso unitario varía desde 400 a 1700  $kg/m^3$ .

F. **CONCRETOS NORMALES:** Son preparados con agregados corrientes y su peso unitario varía de 2300 a 2500  $kg/m^3$ . Según el tamaño máximo del agregado. El peso promedio es de 2400  $g/m^3$ . (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 13*).

G. **CONCRETOS PESADOS:** Son preparados utilizando agregados pesados, alcanzando el peso unitario valores entre 2800 a 6000  $kg/m^3$ . (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 13*).

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

(Flavio Abanto C., *Tecnología del Concreto*, 2009, pág. 14).

- I. **CONCRETO PREFABRICADO:** Elementos de concreto simple o armado fabricados en una ubicación diferente a su posición final en la estructura. (Flavio Abanto C., *Tecnología del Concreto*, 2009, pág. 14).
- J. **CONCRETO BOMBEADO:** Concreto que es impulsado por bombeo, a través de tuberías hacia su ubicación final. (Flavio Abanto C., *Tecnología del Concreto*, 2009, pág. 14).

#### **2.2.1.6. ENSAYO EN CONCRETO FRESCO.**

**A. ASENTAMIENTO:** Una muestra de concreto fresco mezclado, se coloca en un molde con forma de cono trunco, y se compacta por varillado.

El molde se retira hacia arriba permitiendo que el concreto se asiente. La distancia vertical entre la posición inicial y la desplazada, medida en el centro de la superficie superior del concreto, se informa como el asentamiento del concreto. *Norma de referencia NTP 339.035.*

**B. PESO UNITARIO DEL CONCRETO:** Consiste en determinar el volumen del concreto producido, con el fin de verificar la correcta dosificación y rendimiento de los materiales es una base para determinar el rendimiento de la mezcla, el contenido de cemento y el contenido de aire. *Norma de referencia NTP 339.046.*

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

D = Densidad, en Kg/m<sup>3</sup>

Mc = Masa del recipiente de medida lleno de concreto, en Kg.

Mm = Masa del recipiente de medida, en Kg.

Vm = Volumen del recipiente de medida, en m<sup>3</sup>

**C. CONTENIDO DE AIRE:** Consiste en determinar el contenido de aire atrapado en la mezcla, el aire presente en los vacíos de la pasta de un concreto puede tener su origen en las siguientes causas: *Norma de referencia 339.080.*

- Aire atrapado presente en los espacios inter granulares del cemento y agregados.

- Aire originalmente en los espacios de cemento y agregados, pero después depositados en la pasta al endurecer formándose los llamados poros gel.
- Aire originalmente disuelto en el agua de la mezcla formándose los poros capilares
- Aire incorporado en el concreto durante los procesos de mezcla y colocación

**D. RENDIMIENTO DEL CONCRETO:** Es la relación entre el volumen real del concreto al volumen de diseño para la mezcla se calcula de la siguiente manera: *Norma de referencia NTP 339.046.*

$$Y(m^3) = \frac{M}{D}$$

El valor de Ry mayor que 1.00 indica un exceso de concreto que se produce, un valor menor de esto indica que el volumen de la mezcla será corto con relación al volumen diseñado.

D = Densidad, en Kg./m<sup>3</sup>

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda, en m<sup>3</sup>

M =Masa total de todos los materiales de la tanda, en Kg.

**E. TEMPERATURA DEL CONCRETO:** El objeto de este ensayo es determinar la temperatura del concreto fresco el cual consisten en colocar el dispositivo de medición de temperatura en la mezcla de concreto fresco, de tal modo que el sensor esté sumergido un mínimo de 75mm (3 pulg).

Presionar levemente el concreto en la superficie alrededor del dispositivo de medición de temperatura para que la temperatura ambiente no afecte la lectura.

Dejar introducido el dispositivo medidor de temperatura en el hormigón fresco por un mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice, a continuación, leer y registrar la temperatura.

Completar la medición de temperatura dentro de los 5 minutos luego de haberse obtenido la muestra. *Norma de referencia NTP 339.184*

#### **2.2.1.7. ENSAYO EN CONCRETO ENDURECIDO.**

##### **A. ELABORACION Y CURADO DE PROBETAS:**

El método estándar para elaboración y curado de probetas es un ensayo para concreto fresco en el que se realiza la fabricación de cilindros de concreto de diámetros establecido de acuerdo a la norma NTP 339.033 en el que indica también los procedimientos de curado.

**TABLA 1. REQUISITOS DE LA BARRA COMPACTADORA**

Diámetro del cilindro o ancho de la viga, mm	Dimensiones de la varilla	
	Diámetro, mm	Longitud de la varilla, mm
< 150	10	300
150	16	500
225	16	650
Tolerancia en la longitud, $\pm$ 100 mm. Tolerancia en el diámetro $\pm$ 2 mm		

FUENTE: NTP 339.033

**TABLA 2. MÉTODO DE CONSOLIDACIÓN REQUISITOS DE APLICACIÓN**

Asentamiento, mm	Método de consolidación
$\geq$ 25	Apisonado o vibración
< 25	Vibración

FUENTE: NTP 339.033

**TABLA 3. MOLDEO DE ESPECÍMENES POR APISONADO**

Tipo de espécimen y tamaño	Número de capas de igual altura	Número de golpes por capa
<b>Cilindros: diámetro, mm</b>		
100	2	25
150	3	25
225	4	50
<b>Vigas. Ancho, mm</b>		
150 a 200	2	Véase 10.3
> 200	3 ó más de igual altura, sin exceso 150 mm	Véase 10.3

FUENTE: NTP 339.033

## **B. TIEMPO DE FRAGUA.**

El tiempo de fragua, se determina mediante el ensayo de la norma NTP 339.082 en el cual se emplean agujas metálicas de diferentes diámetros con un dispositivo de aplicación de carga que permite medir la presión aplicada sobre el mortero obtenido de tamizar el concreto por la malla N°4.

Se considera convencionalmente que se ha producido el fraguado inicial cuando se necesita aplicar una presión de  $500 \text{ lb/pulg}^2$  . para introducir la aguja una pulgada, y el fraguado final cuando se necesita aplicar la presión de  $4000 \text{ lb/pulg}$ .

**TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL:** Se caracteriza por un aumento en la viscosidad y en la temperatura de mezcla, así como la pérdida inicial de la plasticidad el tiempo de fraguado inicial se considera cuando la resistencia a la penetración es de  $500 \text{ lb/pulg}^2$ .

**TIEMPO DE FRAGUADO FINAL:** Es el tiempo en que la mezcla de concreto perdió totalmente su capacidad de deformación, consecuencia del

aumento de su resistencia, se obtiene para una resistencia a la penetración de  $4000 \text{ lb/pulg}^2$

Estos valores determinan el endurecimiento en función de la resistencia a la penetración mediante el método de ensayo normalizado para determinar el tiempo de fragua.

Una muestra de mortero se obtendrá por tamizado de una muestra representativa del hormigón fresco. El mortero será colocado en un recipiente y será almacenado a una temperatura ambiente especificada. A intervalos regulares de tiempo, se obtendrá la resistencia a la penetración del mortero utilizado agujas normalizadas. De una curva de resistencia a la penetración versus el tiempo transcurrido se determinará los tiempos de fraguado inicial y final. (NTP 339.082, pág. 3)

### **C. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.**

El método de ensayo de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto endurecido consiste determinar la resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades

los mismos que están establecidos por la norma NTP 339.034.

TABLA 4. TOLERANCIAS PRESCRITAS PARA LOS ENSAYOS

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± 0.5 h ó 2.1 %
3 d	± 2 h ó 2.8 %
7 d	± 6 h ó 3.6 %
28 d	± 20 h ó 3.0 %
90 d	± 48 h ó 2.2 %

FUENTE: NTP 339.034

## 2.2.2. AGREGADO.

### 2.2.2.1. DEFINICIÓN.

Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las 3/4 partes del volumen total (Imagen 2) luego las calidades de estos tienen una importancia primordial en el producto final. (*Pasquel Carbajal, 1999*).

Aire = 1% a 3%
Cemento = 7% a 15%
Agua = 15% a 22%
Agregado = 60% a 75%

IMAGEN 2. PROPORCIÓN TÍPICAS EN VOLUMEN DE LOS COMPONENTES DEL CONCRETO  
FUENTE: Propio.

Están constituidos usualmente por partículas minerales de arenisca, granito, basalto, cuarzo o

combinaciones de ellos, y sus características físicas y químicas tienen influencia en prácticamente todas las propiedades del concreto. *(Pasquel Carbajal, 1999)*.

#### **2.2.2.2. IMPORTANCIA.**

Como ya se mencionó el agregado influye notablemente en el concreto tanto en su estado fresco como endurecido.

Con respecto al concreto fresco la absorción es la que mayor influencia tiene en la consistencia del concreto, puesto que las partículas absorben directamente agua de la mezcla, disminuyendo la manejabilidad, por otro lado, la forma de los agregados, la granulometría de los agregados, módulo de fineza y tamaño máximo del agregado grueso tiene incidencia sobre la trabajabilidad del concreto fresco.

Frecuentemente la variación de la resistencia del concreto puede explicarse con la variación de la relación a/c, pero las características del agregado tales como el tamaño, forma, textura, superficie y tipo de mineral, influyen en las características de la

zona de transición, y por lo tanto afectan la resistencia del concreto endurecido.

La importancia de los agregados también se fundamenta en que estos resisten los cambios volumétricos que se originan por contracciones plásticas, resisten los cambios volumétricos por secado

El Modulo de elasticidad del concreto es afectado por el Módulo de Elasticidad del agregado y por el contenido volumétrico de este en el concreto, otra característica que influye en el Módulo de Elasticidad del Concreto es la porosidad debido a que esta determina su rigidez, la forma de las partículas del agregado grueso y sus características superficiales pueden influir también en el valor del Módulo de Elasticidad del Concreto.

### **2.2.2.3. CLASIFICACIÓN.**

El agregado generalmente se clasifica desde distintos puntos de vista como puedes ser por su procedencia, gradación, forma y textura, densidad.

- ***POR SU PROCEDENCIA:***
  - *Agregados Naturales:*

Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto.

En el Tabla 1 se detallan las rocas y minerales que constituyen los agregados para concreto y la Norma ASTM C-294 incluye de manera muy detallada la nomenclatura estándar de los constituyentes de los agregados minerales naturales, que resulta muy útil para entender y describir adecuadamente dichos constituyentes.

Estos agregados son los de uso más frecuente a nivel mundial y particularmente en nuestro país por su amplia disponibilidad tanto en calidad como en cantidad, lo que los hace ideales para producir concreto.

**TABLA 5. ROCAS Y CONSTITUYENTES MINERALES EN AGREGADOS PARA CONCRETO**

MINERALES		ROCAS ÍGNEAS	ROCAS METAMÓRFICAS	ROCAS SEDIMENTARIAS
SÍLICE	CARBONATOS	Granito	Mármol	Conglomerados
Cuarzo	Calcita	Sienita	Metacuarcita	Arenas
Opalo	Dolomita	Diorita	Pizarra	12. Cuarcita
Calcedonia	SULFATOS	Gabro	Filitita	13. Arenisca
Tridimita	Yeso	Pendotita	Esquistos	Piedra Arcillosa
Cristobalita	Anhidrita	Pegmatita	Anfibolita	Piedra Aluvional
SILICATOS	SULFUROS DE HIERRO	Vidrio volcánico	Hornfelsa	Argillita y Pizarra
Feldespatos	Pirita	1. Obsidiana	Gneiss	Carbonatos
Ferromagnesianos	Marcasita	2. Pumicita	Serpentina	14. Calizas
6. Hornblenda	Pirofita	3. Tufo		15. Dolomitas
7. Augita	ÓXIDO DE HIERRO	4. Escoria		16. Marga
8. Arcillas	Magnetita	5. Perlita		17. Tiza
9. Ilitas	Hematita	Felsita		Horsteno
10. Caolinas	Geotita	Basalto		
11. Mortmorillonita	Ilmenita			
Mica	Limonita			
Zeolita				

FUENTE: Propio.

o Agregados Artificiales:

Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto. Algunos agregados de este tipo los constituyen la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado, la micro sílice etc. El potencial de uso de estos materiales es muy amplio, en la medida que

se van investigando y desarrollando otros materiales y sus aplicaciones en concreto, por lo que a nivel mundial hay una tendencia muy marcada hacia progresar en este sentido.

▪ ***POR SU GRADACIÓN:***

La distribución del tamaño de la partícula se llama gradación, y esta tiene suma importancia en el concreto se ha establecido convencionalmente la clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las partículas mayores y las menores de 4.75mm (malla standard ASTM #4).

○ *Agregado Fino*

Se considera como agregado fino a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP400.037. La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas de arena, la distribución del tamaño de partículas se determina por separación con una serie de mallas

normalizadas. Las mallas normalizadas para el agregado fino son las N° 4, 8, 16, 30, 50,100. En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites

**TABLA 6. LÍMITES DE GRANULOMETRÍA SEGÚN ASTM - FINA**

MALLA	% QUE PASA (ACUMULADO)
3/8"	100
N°4	95 – 100
N°8	80 – 100
N°16	50 – 85
N°30	25 – 60
N°50	10 – 30
N°100	02-Oct

FUENTE: ASTM.

○ Agregados Grueso

Se define al agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75mm (N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037.

El agregado grueso deberá esta graduada dentro de los límites establecidos en la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en el siguiente cuadro.

**TABLA 7. REQUERIMIENTO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO**

HUSO	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL (pulg.)	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS (ASTM C33, NTP 400.037)												
		100 mm (4")	90 mm (3 ½")	75 mm (3")	63 mm (2 ½")	50 mm (2")	37.5 mm (1 ½")	25 mm (1")	19 mm (¾")	12.5 mm (½")	9.5 mm (⅜")	4.75 mm N°4	2.36 mm N°8	1.18 mm N°16
1	3 ½" - 1 ½"	100	90 - 100		25 - 60		0 - 15		0 - 5					
2	2 ½" - 1 ½"			100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5					
3	2" - 1"				100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5				
357	2" - N°4				100	95 - 100		35 - 70		10 - 30		0 - 5		
4	1 ½" - ¾"					100	90 - 100	20 - 55	0 - 15		0 - 5			
467	1 ½" - N°4					100	95 - 100		35 - 70		10 - 30	0 - 5		
5	1" - ½"						100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5			
56	1" - ⅜"						100	90 - 100	40 - 85	10 - 40	0 - 15	0 - 5		
57	1" - N°4						100	95 - 100		25 - 60		0 - 10	0 - 5	
6	¾" - ⅜"							100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5		
67	¾" - N°4							100	90 - 100		20 - 55	0 - 10	0 - 5	
7	½" - N°4								100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5	
8	⅜" - N°8									100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5

FUENTE: ASTM.

▪ **POR SU FORMA Y TEXTURA:**

Las características externas del agregado, en particular la forma de la partícula y textura superficial, influye en las propiedades del concreto fresco y endurecido.

Aunque la forma de cuerpos tridimensionales es difícil de describir, es conveniente definir algunas características geométricas de dichos cuerpos.

La redondez mide la angulosidad o agudeza relativa de las orillas y las esquinas de una partícula. La redondez real es consecuente de la resistencia al desgaste y a la abrasión de la roca de origen. En el caso de agregado triturado, la forma dependerá de la naturaleza del material de origen y

el tipo de triturado y su proporción de reducción.

Otro aspecto de la forma del agregado grueso es su esfericidad que se define como la función de relación del área de superficie de la partícula a su volumen (superficie específica).

Las partículas con una alta proporción del área de superficie con respecto al volumen son de partículas de interés, ya que disminuyen la manejabilidad de la mezcla.

Las partículas alargadas y las escamosas son de este tipo. Las últimas pueden afectar negativamente la durabilidad del concreto, pues tienden a orientarse en un plano, en cuya parte inferior se forman huecos de aire y agua.

Un exceso de más de 15 o 20% de partículas alargadas o escamosas en la masa del agregado grueso es por lo general indeseable, aunque no se han establecido límites reconocidos.

Las clasificaciones de estas partículas están descritas en el siguiente cuadro:

**TABLA 8. CLASIFICACIÓN DE LA FORMA DE LAS PARTÍCULAS**

<b>CLASIFICACIÓN DE LA FORMA DE LOS AGREGADOS</b>		
<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>EJEMPLOS</b>
Redondeado	Completamente desgastada por agua o fricción.	Grava de río o playa, arena del desierto, de la playa o del viento.
Irregular	Naturalmente irregular o parcialmente moldeado por fricción y con bordes pulidos.	Otras gravas, pedernal de tierra o excavada.
Escamosa	Material cuto espesor es pequeño en relación con las otras dimensiones.	Roca laminada.
Angular	Posee bordes bien definidos formados en la intersección de las caras planas	Rocas trituradas de todos los tipos, escoria triturada.
Alargada	Material angular en el que la longitud es considerablemente mayor que las otras dimensiones	
Escamosa y alargada	Material con longitud considerablemente mayor que el ancho y considerablemente mayor que el espesor.	

FUENTE: Neville & Brooks, 1985)

La clasificación por textura de la superficie se basa en el grado en que la superficie de la partícula es pulida u opaca, tersa o rugosa; y el tipo de rugosidad también debe especificarse.

La textura de la superficie depende de la dureza, del tamaño de grano y de las características del poro del material de origen (las rocas duras, densas y de grano fino, generalmente presentan superficies tersas con fracturas), así como del grado en que las fuerzas que actúan sobre la partícula la hayan suavizado o vuelto áspero.

**TABLA 9. CLASIFICACIÓN DE LA TEXTURA SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS**

CLASIFICACIÓN DE LA TEXTURA SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS		
TEXTURA DE SUPERFICIE	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLOS
Vidriosa	Fractura concoidal.	Pedernal negro, escoria vítrea.
Pulida	Desgastado por agua, o ido a fractura de laminado o roca de grano fino.	Gravas, esquisto, pizarra, mármol, algunas riolitas.
Granulosa	Fracturas que muestran granos uniformes más o menos pulidos	Areniscas, oolita.
Rugosa	Fracturas rugosa de roca granular fina-media que tiene constituyentes cristalinos que no se pueden ver fácilmente	Basalto, felsita, pórfido, caliza.
Cristalina	Contiene constituyentes cristalinos fácilmente visibles.	Granito, grabo, gneis.
Panal de abeja alargada	Con cavidades y poros visibles.	Ladrillo, pómez, escoria espumosa, barro expandido.

FUENTE: Neville & Brooks, 1985

La forma y textura de la superficie del agregado, especialmente en el agregado fino, tienen gran influencia en los requerimientos de agua de la mezcla.

En términos prácticos, a mayor cantidad de espacios o huecos en un agregado poco compactado, se requiere más agua. La escamosidad y la forma del agregado grueso tienen, por lo general un efecto significativo en la manejabilidad del concreto, la cual decrece con el incremento de número de angulosidad.

▪ **POR SU DENSIDAD:**

Nos referimos a densidad como la gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en:

**TABLA 10. CLASIFICACIÓN POR LA DENSIDAD DE LOS AGREGADOS**

<b>AGREGADO</b>	<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA "Ge"</b>
Ligeros	<2.5
Normales	2.5 a 2.75
Pesados	>2.75

FUENTE: Neville & Brooks, 1985

Cada uno de ellos muestra comportamientos diversos en relación al Concreto.

#### **2.2.2.4. PROPIEDADES.**

##### **▪ *Propiedades Mecánicas***

No es posible relacionar el desarrollo potencial de la resistencia del concreto con las propiedades del agregado. Sin embargo, es importante conocer la magnitud de sus propiedades mecánicas para poder evaluar la calidad de los mismos.

Entre dichas propiedades tenemos:

- Adherencia
- Resistencia
- Tenacidad
- Resistencia al desgaste (Abrasión)

▪ **Propiedades Físicas**

Varias propiedades físicas comunes del agregado, conocidas desde el estudio de la física elemental, son relevantes para el comportamiento del agregado en el concreto y para las propiedades del concreto hecho con el agregado dado. A continuación, se tratan estas propiedades físicas, así como su medición.

- Condiciones de Saturación: A continuación, se esquematizan las condiciones de saturación, partiendo de un estado seco hasta que tiene una humedad superficial:

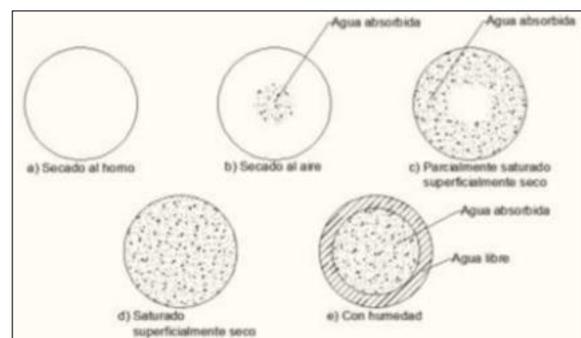


IMAGEN 3. ESTADOS DE SATURACIÓN DEL AGREGADO.

FUENTE: Neville & Brooks, 1985

- Peso Específico: Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Las normas ASTM C127 Y

C128 establecen el procedimiento estandarizado para determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación.

***Peso Específico de masa seca (Gb):***

Se refiere al volumen del material sólido incluido todos los poros.

$$G_b = \frac{A}{B - C} = \frac{A}{V_{ag} \times D_a}$$

***Peso Específico Saturado***

***Superficialmente Seco (Gsss):***

Se refiere al volumen del material cuando todos los poros del agregado están llenos de agua.

$$G_{sss} = \frac{B}{B - C} = \frac{B}{V_{ag} \times D_a}$$

***Peso Específico Aparente (Ga):***

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos los poros impermeables, aunque no los capilares.

$$G_a = \frac{A}{A - C} = \frac{A}{V_s \times D_a}$$

- *Peso Unitario:* Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen

total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre las partículas entre partículas, está influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo. La norma ASTM C29, define el método estándar para evaluarlo, en la condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas en un molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8" en 3 capas. El valor obtenido, es el que se emplea en algunos métodos de diseño de mezclas para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen. Algunas personas aplican el mismo ensayo, pero sin compactar el agregado para determinar el "peso unitario suelto", sin embargo este valor tampoco es necesariamente del material en campo.

- Porcentaje De Vacíos: Es la medida del volumen expresado en porcentaje de los

espacios entre las partículas de agregado. Depende también del acomodo entre partículas por lo que su valor es relativo como en el caso de peso unitario. La norma ASTM C29, indica la fórmula para calcularlo:

$$\% \text{de Vacios} = \frac{(S \times W) - M}{S \times W}$$

Dónde:

S = Peso Específico de la masa.

W = Densidad del agua.

M = Peso Unitario compactado seco.

- Absorción: 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 por que siempre queda aire atrapado. La absorción real de agua del agregado debe deducirse del requerimiento total de agua de la mezcla, para obtener la relación efectiva de agua/cemento, que controla tanto la manejabilidad como la resistencia del

concreto. La absorción de agua se determina midiendo la disminución de masa de una muestra saturada y de superficie seca después de secarla en un horno durante 24 horas. La relación de la disminución de masa respecto a la masa de muestra seca, expresada como porcentaje, se denomina absorción.

$$\% \text{Absorción} = \frac{P_{\text{sss}} - P_{\text{seco}}}{P_{\text{seco}}}$$

- Porosidad: Es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregados. Los tamaños de los poros en el agregado varían en un amplio rango hasta los más pequeños son mayores que los poros de gel en la pasta de cemento. Algunos poros del agregado están totalmente dentro de la partícula, pero otros se abren en la superficie, de modo que el agua puede penetrar en ellos; la cantidad y la proporción de la penetración dependen del tamaño, de la continuidad y del volumen de poros. El grado de porosidad de las rocas

comunes varia de 0 a 5%; puesto que el agregado representa aproximadamente tres cuartas partes del volumen de concreto, es claro que la porosidad del mismo contribuye a la porosidad general del concreto.

- Humedad: Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas del agregado. El contenido de humedad debe permitirse en el cálculo de series de cantidades y del requerimiento total de agua de las mezclas. La humedad se expresa de la siguiente manera según ASTM C566.

$$\% \text{Humedad} = \frac{\text{P. Orig. Muestra} - \text{P. Seco}}{\text{P. Seco}}$$

- ***Propiedades Térmicas***

Condicionan el comportamiento de los agregados ante el efecto de los cambios de temperatura.

Estas propiedades tienen importancia básica en el concreto pues el calor de hidratación generado por el cemento, además de los cambios térmicos ambientales actúan sobre los agregados

provocando dilataciones, expansiones, retención o disipación de calor según sea el caso.

Las propiedades térmicas están afectadas por la condición de humedad de los agregados, así como por la porosidad, por lo que sus valores son bastante variables. Los principales son:

- Coeficiente de expansión: Cuantifica la cantidad de aumento de dimensiones de los agregados en función de la temperatura. Depende mucho de la composición y estructura interna de las rocas y varía significativamente entre los diversos tipos de roca.

En los agregados secos es alrededor de un 10% mayor que en estado parcialmente saturado.

- Calor específico: Es la cantidad de calor necesaria para incrementar en 1°C la temperatura. No varía mucho en los diversos tipos de rocas salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos. Es del orden de 0.18 cal/g. °C.

- Conductividad térmica: Es la mayor o menor facilidad para conducir el calor. Está influenciada básicamente por la porosidad siendo un rango de variación relativamente estrecho.

Los valores en los agregados son de 1.1 a 2.7 Btu/pie. hr. °F.

- Difusividad: Representa la velocidad con que se pueden producir cambios térmicos dentro de una masa.

Se expresa como el cociente de dividir la conductividad entre el producto del calor específico por la densidad

- ***Propiedades Químicas.***

Los agregados son en general sumamente resistentes al ataque de agentes químicos, siendo importante establecer que cualquier agresión de este tipo debe ser en forma de solución para que tenga la posibilidad de surtir algún efecto.

Los agregados que contienen ciertos constituyentes pueden reaccionar con los hidróxidos alcalinos en el concreto. La reactividad es potencialmente perjudicial solo cuando produce

una expansión significativa. Esta reacción álcali agregado se presenta en dos formas, reacción álcali-sílice (RAS) y reacción álcali-carbonato (RAC).

La RAS es más preocupante que la RAC por que la ocurrencia de agregados que contiene minerales reactivos de sílice es más común. Los agregados de carbonatos reactivos con álcalis tienen una composición específica que no es muy común.

### **2.2.3.CEMENTO.**

#### **2.2.3.1. DEFINICIÓN.**

El cemento como componente principal de la variación del tiempo de fraguado, debido a su composición química se define como; “Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, molido finamente hasta obtener un polvo muy fino, que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes” (*Carbajal, 1999, pág. 17*).

### 2.2.3.2. COMPOSICIÓN.

TABLA 11. COMPONENTES FUNDAMENTALES DE LA MEZCLA CRUDA

Componente Fundamental	Fórmula	Se Representa
Óxido de calcio: cal, calcio.	CaO	C
Óxido de silicio: sílica, silice.	SiO <sub>2</sub>	S
Óxido de aluminio: alúmina.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A
Óxido de hierro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F

FUENTE: Neville & Brooks, 1985

El cemento portland está compuesto por una serie de componentes, de fórmula química un tanto compleja, en este apartado trataremos de explicarlo.

TABLA 12. COMPONENTES DEL CEMENTO PORTLAND

Nombre del Compuesto	Composición del óxido	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico (alita)	3Ca.SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S	40 - 50%
Silicato dicálcico (belita)	3Ca.SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S	20 - 30%
Aluminato tricálcico (felita)	3Ca.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A	10 - 15%
Aluminoferrito tetracálcico (celita)	4Ca.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF	5 - 10%

FUENTE: Neville & Brooks, 1985

- **Silicato Tricálcico (Alita):** Es el componente más importante del cemento, el problema es del tipo económico, ya que su producción resulta muy cara. Este componente le confiere al cemento las siguientes propiedades:
  - Mucha resistencia inicial (primera semana).
  - Endurecimiento rápido.

- Desprendimiento de mucho calor de hidratación.
- **Silicato Dicálcico (Belita):** Es uno de los componentes mayoritarios del cemento. Aparece en contracciones en contracciones altas en cementos, que se emplean para trabajar con grandes volúmenes de concreto.

Este componente le confiere al cemento las siguientes propiedades:

- Resistencia a largo plazo.
- Desprendimiento de menor calor de hidratación en comparación al silicato tricálcico.
- **Aluminato Tricálcico (Felita):** Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido. Este componente le confiere al cemento las siguientes propiedades:
  - Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia.

- En conjunto con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador.
- Los cementos con alto porcentaje en aluminato tricálcico, desprenden mucho calor durante el proceso de hidratación.
- ***Aluminoferrito Tetracálcico (Celita)***: Es un compuesto complejo obtenido en el Clinker de los cementos portland. Se caracteriza por aportar escasa o nula propiedad física de resistencia al hormigón al ser hidratado en la fragua del cemento.

#### **2.2.3.3. TIPOS.**

Cuando los cementos con diferentes composiciones químicas se hidratan, pueden tener propiedades distintas.

Es posible, por tanto, seleccionar mezclas de materias primas para la producción de varios tipos de cemento, según las propiedades requeridas.

En Cementos YURA S.A. se producen Cementos Tipo I, Tipo II, Tipo V, Tipo IP y Tipo IPM los cuales se procederán a definir en la clasificación. Los cementos portland, se fabrican en cinco tipos las

cuales se han normalizado bajo la especificación de la norma ASTM C150

- **Tipo I:** Para uso general en la construcción, es el que más se emplea para fines estructurales cuando no se requieren de las propiedades especiales especificadas para los otros cuatro tipos de cemento.
- **Tipo II:** Y se emplea cuando se prevé una exposición moderada al ataque por sulfatos o cuando se requiere un moderado calor de hidratación.
- **Tipo III:** Recomendable cuando se necesita una resistencia temprana en una situación particular de construcción.
- **Tipo IV:** Cemento de bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos.

#### **2.2.3.4. HIDRATACIÓN.**

Para apreciar totalmente los diversos mecanismos de contracción es necesario comprender la hidratación del cemento. La propiedad de liga de las pastas de cemento se debe a la reacción química entre el cemento y el agua llamada

hidratación la cual provoca una reacción exotérmica que produce calor.

El primer elemento en reaccionar es el Aluminato Tricálcico ( $C_3A$ ), y posteriormente los silicatos y el Aluminoferrita tricálcica ( $C_4AF$ ), caracterizándose el proceso por la dispersión de cada gramo de cemento en millones de partículas.

La acción del yeso contrarresta la velocidad de las reacciones y en estado se produce lo que se denomina el periodo latente o de reposo en que las reacciones se atenúan, y dura entre 40 y 120 minutos dependiendo de la temperatura ambiente y el cemento en la partícula. En este estado se forma hidróxido de calcio que contribuye a incrementar notablemente la alcalinidad de la pasta que alcanza un Ph del orden de 13.

#### **2.2.3.5. FRAGUADO.**

El fraguado es el cambio de las características de una pasta de cemento, con el aumento de la consistencia hasta adquirir las propiedades de un sólido.

- **Fraguado Inicial:** Condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones

químicas, empiezan el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse.

Es la etapa en que se evidencia el proceso exotérmico donde se genera el ya mencionado calor de hidratación, que es consecuencia de las reacciones químicas descritas.

- **Fraguado Final:** Se obtiene al término de la etapa de fraguado inicial, caracterizándose por endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. La estructura del gel está constituida por el ensamble definitivo de sus partículas endurecidas.

#### **2.2.3.6. ENDURECIMIENTO.**

Se produce a partir del fraguado final e incrementa con el tiempo las características resistentes. La reacción predominante es la hidratación permanente de los silicatos de calcio, y en teoría continua de manera indefinida. El estado final de la pasta, en que se evidencian totalmente las influencias de la composición del cemento.

Los sólidos de hidratación manifiestan su muy baja solubilidad por lo que el endurecimiento es factible aún bajo el agua.

#### **2.2.3.7. PROPIEDADES FÍSICAS.**

Las especificaciones de cemento presentan límites para las propiedades físicas y para la composición química. La comprensión de la importancia de las propiedades físicas es útil para la interpretación de los resultados de los ensayos (pruebas) de los cementos.

Los ensayos de las propiedades físicas de los cementos se deben utilizar para la evaluación de las propiedades del cemento y no del concreto. Las propiedades físicas son:

- **Consistencia:** Se refiere a la movilidad relativa de la mezcla fresca de pasta o su habilidad de fluir o Durante los ensayos (pruebas) de cemento, se mezclan pastas de consistencia normal, definidas como la penetración de  $10 \pm 1$  mm de la aguja de vicat.
  - Se mezclan los morteros para obtener una relación agua/cemento

fija o proporcionar una fluidez dentro de un rango prescrito.

- Se usa para regular la cantidad de agua en las pastas.
- **Tiempo de Fraguado:** El objetivo del ensayo del tiempo de fraguado es la determinación. El tiempo que pasa desde el momento de la adición del agua hasta cuando la pasta deja de tener fluidez y de ser plástica (llamado fraguado inicial).
  - El tiempo requerido para que la pasta adquiera un cierto grado de endurecimiento (llamado fraguado final).
  - El inicio del fraguado de la pasta de cemento no debe ocurrir demasiado temprano y el final del fraguado no debe ocurrir muy tarde.
  - Los tiempos de fraguado indican si la pasta está o no sufriendo reacciones normales de hidratación.
  - Los ensayos se realizan con el uso del aparato de Vicat

- **Endurecimiento Prematuro (Falso fraguado y Fraguado rápido):** El endurecimiento prematuro es el desarrollo temprano de la rigidez en las características de trabajabilidad o plasticidad de la pasta.
  - El falso fraguado se evidencia por la pérdida considerable de plasticidad inmediatamente después del mezclado sin ninguna evolución de calor.
  - La causa es la rápida cristalización o el entrelazamiento de las estructuras en forma de aguja con el yeso secundario.
  - El fraguado rápido se evidencia por una pérdida rápida de trabajabilidad en la pasta a una edad aun temprana.
- **Resistencia a la Compresión:** El mortero utilizado consiste de una parte de cemento y 2.75 partes de arena, dosificados en masa. Los cementos portland son mezclados con relación agua/cemento especificadas. El contenido de agua para otros cementos es el necesario para obtener una fluidez de 110

$\pm 5$  en 25 caídas de la mesa de fluidez. Los cubos de ensayo de 50 mm son compactados por apisonado en dos capas. Los cubos son curados un día en sus moldes y luego desencofrados y sumergidos en agua saturada hasta ser ensayados.

- **Calor de Hidratación:** Se llama calor de hidratación al calor que se desprende durante la reacción que se produce entre el agua y el cemento al estar en contacto, el contacto se puede llevar a cabo aun si el agua está en forma de vapor, por lo que es muy importante que el cemento este protegido del medioambiente ya sean sacos o en silos, hasta el momento en que se le mezcle con el agua.

El calor de hidratación que se produce en un cemento normal es del orden de 85 a 100 cal/g.

Las reacciones de hidratación del cemento portland son altamente exotérmicas, provocando el calentamiento de la pasta.

El desarrollo de calor es rápido durante el fraguado y parte del endurecimiento,

disminuyendo progresivamente al hacerse la hidratación más lenta, hasta llegar a estabilizarse. Así en los 3 días se genera el 50% del calor y el 80% hasta los 7 días.

Sin embargo, en las primeras horas se producen variaciones importantes de temperatura que pueden ser causa de retracciones, que a su vez dan como resultado el agrietamiento observado en algunas obras de construcción que emplean grandes masas de concreto (*M. I. SANCHEZ de ROJAS, 2000*).

El calor de hidratación se puede determinar por un calorímetro de conducción.

## **2.2.4. AGUA.**

### **2.2.4.1. DEFINICIÓN.**

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 21*).

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la

norma ITINTEC 334.088 y ser, e preferencia potable. (*Rivva López, Materiales, 2000, págs. 29*).

#### **2.2.4.2. FUNCIONES.**

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

El agua potable es por lo general segura, pero también la no potable puede ser adecuada para la elaboración de concreto. Como regla, cualquier agua con un PH de 6 a 8 que no sepa salada o salobre es útil; el color oscuro o un cierto olor no indican necesariamente la presencia de sustancias deletéreas.

Las aguas naturales ligeramente acidas son inofensivas, pero las que contengan ácido húmico u otros ácidos orgánicos pueden afectar negativamente el endurecimiento del concreto;

estas aguas, así como las alcalinas, deben ser probadas previamente.

#### **2.2.4.3. REQUISITOS PARA SU USO.**

El agua que se utilizará en la preparación del concreto debe cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088. A continuación, se presenta en partes por millón los valores máximos aceptados:

**TABLA 13. PARTES POR MILLÓN ACEPTABLES EN EL AGUA DE MEZCLA**

Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	500 ppm
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

FUENTE: Norma Técnica Peruana NTP 339.088

También la norma Técnica peruana considera NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están contenidos dentro de los siguientes límites:

- a) El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3mg/l (3ppm).
- b) El contenido de residuo insoluble no será mayor de 5 gr/l (5000 ppm).

- c) El pH estará comprendido entre 5.5 y 8.0.
- d) El contenido de sulfatos, expresado como ion  $\text{SO}_4$ , será menor de 0.6 gr/l (600 ppm).
- e) El contenido de cloruros, expresado como ion  $\text{CL}$ , será menor de 1 gr/l (1000 ppm).
- f) El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en  $\text{NaHCO}_3$ , será menor de 1 gr/l (1000 ppm).
- g) Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ion férrico, será de 1 ppm.

El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio.

Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de laboratorio, deberá ser aprobada por la supervisión.

### **2.2.5. DISEÑO DE MEZCLAS.**

La ACI (American Concrete Institute) cuenta con un procedimiento a través del cual se puede realizar el diseño de mezcla. Este método consiste en una serie de tablas obtenidas de forma empírica, las cuales permiten determinar las cantidades necesarias de cada uno de los materiales presentes

en la mezcla con el fin de obtener un concreto adecuado y para un uso específico.

#### **2.2.5.1. SECUENCIA MÉTODO ACI-211.**

Este procedimiento propuesto por el comité ACI 211, está basado en el empleo de tablas.

- **PASO 1:** selección de la resistencia requerida ( $f'_{cr}$ ).
- **PASO 2:** selección del TMN del agregado grueso.
- **PASO 3:** selección del asentamiento.
- **PASO 4:** seleccionar el contenido de agua.
- **PASO 5:** seleccionar el contenido de aire atrapado.
- **PASO 6:** selección de la relación agua/cemento sea por resistencia compresión o por durabilidad.
- **PASO 7:** cálculo de contenido de cemento.
- **PASO 8:** Seleccionar el peso del agregado grueso, proporciona el valor de  $b/b_o$ , donde  $b_o$  y  $b$ : son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso.

- **PASO 9:** calcular la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino.
- **PASO 10:** Calculo del volumen del agregado fino.
- **PASO 11:** Calculo del peso en estado seco del agregado fino.
- **PASO 12:** Presentación del diseño.
- **PASO 13:** corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados.
- **PASO 14:** Presentación del diseño en estado húmedo.

#### **2.2.5.2. PARÁMETROS NECESARIOS.**

Necesitamos conocer las propiedades de los materiales, a continuación, resumiremos las características de estos.

**Cemento:** Marca, Tipo de Cemento / Peso Específico

**Agua:** Procedencia: Agua Potable.

#### **Agregados**

- Origen, Tipo
- Perfil y Textura

### 2.2.5.3. PROCEDIMIENTO.

#### *I. Cálculo de la resistencia promedio requerida.*

Si se desconoce el valor de la desviación estándar de datos de roturas anteriores, se utilizará la tabla para la determinación de la resistencia promedio requerida.

**TABLA 14. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SEGÚN LA RESISTENCIA REQUERIDA.**

RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	
$f_c$	$f_{cr}$
menos de 210	$f_c + 70$
210 a 350	$f_c + 84$
sobre 350	$f_c + 98$

Fuente: ACI-211

Por lo tanto, la resistencia promedio a diseñar es:

**TABLA 15. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE DISEÑO DE ACUERDO A LA RESISTENCIA REQUERIDA**

RESISTENCIA DE DISEÑO $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO DE DISEÑO $f_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
346	444
296	380
252	336
216	300
194	264
161	231
130	200

Fuente: ACI-211

#### *II. Selección del tamaño máximo del agregado (TMN)*

Para la presente investigación de acuerdo a la norma de retracción, en el cual nos indican que los moldes aceptan como máximo el siguiente TMN:

$$TMN = 1/2''$$

### **III. Selección de la consistencia de la mezcla (Slump)**

Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamientos requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va realizar.

**TABLA 16. REVENIMIENTO MÍNIMO Y MÁXIMO SEGÚN TIPO DE CONSTRUCCIÓN.**

TIPO DE CONSTRUCCION	REVENIMIENTO (pulg)	
	MAXIMO	MINIMO
Muros de cimentacion y zapatas reforzadas	3	1
Muros de sub estructuras, y zapatas sin refuerzo	3	1
vigas y muros reforzados	4	1
columnas de edificios	4	1
losas y pavimentos	3	1
concreto ciclopeo		2 - 1

FUENTE: ACI-211

### **IV. Determinación del volumen de agua de mezclado por unidad de volumen de concreto.**

La tabla, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos

proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregados (TMN) con o sin aire incorporado.

**TABLA 17. VOLUMEN UNITARIO DE AGUA DE ACUERDO AL TMN Y EL SLUMP**

<b>VOLUMEN UNITARIO DE AGUA</b>								
<b>Asentamiento</b>	<b>agua en Lt/m<sup>3</sup> para los tamaños máximos nominales de agregado y consistencia indicados</b>							
	<b>3/8"</b>	<b>1/2"</b>	<b>3/4"</b>	<b>1"</b>	<b>1 1/2"</b>	<b>2"</b>	<b>3"</b>	<b>6"</b>
<b>CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	220	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
<b>CONCRETO CON AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	

FUENTE: ACI-211

### ***V. Determinación del porcentaje de aire de la mezcla***

**TABLA 18. CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO DE ACUERDO AL TMN**

<b>CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO</b>	
<b>Tamaño máximo nominal</b>	<b>Aire atrapado</b>
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

FUENTE: ACI-211

En el caso de la determinación del porcentaje de aire atrapado en la mezcla es necesario recurrir al

Tabla 14 en el que podemos observar que el contenido de aire atrapado aproximado en función del TMN del agregado y considerando que se desea sin aire incorporado.

#### ***VI. Selección de la relación agua/cemento (a/c)***

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones.

Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia también satisfaga los requerimientos de durabilidad.

**Por resistencia:** Normalmente sabiendo cual es la resistencia promedio asignada, mediante la tabla se tendría que hallar la relación a/c.

Pero en este caso como ya tenemos bien definido qué relaciones agua/cemento usaremos en la investigación, tendremos que trabajar de forma inversa primero asignar las relaciones a/c y por consiguiente obtener las  $f'_{cr}$  (resistencias

promedio) para saber cuáles son las  $f'c$  (resistencias de diseño).

**TABLA 19. RELACIÓN AGUA/CEMENTO DE ACUERDO A LA RESISTENCIA.**

RELACIÓN AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA		
$f'cr$ (28días)	Relación agua-cemento diseño en peso	
	sin aire incorporado	con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: ACI-211

**TABLA 20. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ACUERDO A LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO**

a/c	$f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0.44	444	346
0.45	380	296
0.50	336	252
0.55	300	216
0.60	264	194
0.65	231	161
0.70	200	130

Fuente: ACI-211

Se muestra en la Tabla 16, de resistencias promedio obtenidos por la relación a/c asignadas en la investigación.

### **VII. Cálculo del factor cemento preliminar**

Una vez que la cantidad de agua y la relación a/c han sido estimadas, la cantidad de cemento por

unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c.

$$\text{contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{contenido de agua de mezclado (lts/m}^3\text{)}}{\text{Relacion a/c (para } f'_{cr}\text{)}}$$

**TABLA 21. CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO DE ACUERDO A LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO**

<b>f' cr (kg/cm2)</b>	<b>cálculo matemático</b>	<b>Contenido de cemento (kg/m3)</b>
444	216/0.40	540.00
380	216/0.45	480.00
336	216/0.50	432.00
300	216/0.55	392.73
264	216/0.60	360.00
231	216/0.65	332.31
200	216/0.70	308.57

Fuente: ACI-211

$$\text{volumen de cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{contenido de cemento (kg)}}{\text{peso específico del cemento (kg/m}^3\text{)}}$$

**TABLA 22. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE CEMENTO PARA CADA CONTENIDO DE ESTE**

<b>cálculo matemático</b>	<b>Contenido de cemento (kg/m3)</b>
540.00/285	0.189
480.00/285	0.168
432.00/285	0.152
392.73/285	0.138
360.00/285	0.126
332.31/285	0.117
308.57/285	0.108

Fuente: ACI-211

### **VIII. Estimación del contenido de agregado grueso**

Se determina el contenido de agregado grueso mediante la tabla, elaborada por el comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino.

La tabla permite obtener un coeficiente b/bo resultante de la división del peso seco del agregado grueso entre el peso unitario seco y compactado del agregado grueso expresado en kg/m<sup>3</sup>.

**TABLA 23. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO PARA DIFERENTES MÓDULOS DE FINEZA.**

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO				
Tamaño máximo nominal	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de Volumen del concreto para diversos módulos de fineza			
	2.4	2.6	2.8	3
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"	0.75	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: ACI-211

**TABLA 24. CÁLCULO DEL PESO SECO DEL AGREGADO GRUESO PARA CADA RELACIÓN A/C**

Para una relación a/c	Peso Seco a. grueso (kg/m <sup>3</sup> )
0.44	933.33
0.45	933.33
0.50	933.33
0.55	933.33
0.60	933.33
0.65	933.33
0.70	933.33

Fuente: ACI-211

### **IX. Cálculo de volumen del agregado grueso**

Mediante la siguiente fórmula matemática se podrá hallar un único volumen de agregado grueso para las diferentes relaciones a/c:

$$vol. agregado grueso (m^3) = \frac{\text{peso seco del A. grueso}}{\text{peso específico del A. grueso}}$$

### **X. Cálculo de volumen del agregado fino**

Mediante la siguiente fórmula matemática se podrá hallar los volúmenes de agregado fino para las diferentes relaciones a/c:

$$vol. agregado fino (m^3) = 1 - (Vol. agua + Vol. aire + Vol. cemento + Vol. agregado grueso)$$

### **XI. Cálculo del peso en estado seco del agregado fino**

Por consiguiente, mediante la siguiente formula el peso del agregado fino para las diferentes relaciones a/c:

$$\text{Peso Agregado Fino} = (\text{Vol. Agr. Fino})(\text{Peso Especifico del agregado fino})$$

## **XII. Presentación de los diseños en estado seco**

Las dosificaciones en peso de los diferentes diseños utilizados para la presente investigación.

### **2.2.6. TIEMPO DE FRAGUA.**

El tiempo de fragua está basado en la norma NTP 339.082 en el cual se emplean agujas metálicas de diferentes diámetros con un dispositivo de aplicación de carga que permite medir la presión aplicada sobre el mortero obtenido de tamizar el concreto por la malla N°4. Se considera convencionalmente que se ha producido el fraguado inicial cuando se necesita aplicar una presión de 500 *lb/pulg*<sup>2</sup>. Para introducir la aguja una pulgada, y el fraguado final cuando se necesita aplicar la presión de 4000 *lb/pulg*<sup>2</sup>. Para producir la misma penetración.

#### **2.2.6.1. TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL.**

Se caracteriza por un aumento en la viscosidad y en la temperatura de mezcla, así como la pérdida inicial de la plasticidad el tiempo de fraguado inicial

se considera cuando la resistencia a la penetración es de  $500 \text{ lb/pulg}^2$ .

#### 2.2.6.2. TIEMPO DE FRAGUADO FINAL.

Es el tiempo en que la mezcla de concreto perdió totalmente su capacidad de deformación, consecuencia del aumento de su resistencia, se obtiene para una resistencia a la penetración de  $4000 \text{ lb/pulg}^2$ . Estos valores determinan el endurecimiento en función de la resistencia a la penetración mediante el método de ensayo normalizado para determinar el tiempo de fragua.

Una muestra de mortero se obtendrá por tamizado de una muestra representativa del hormigón fresco.

El mortero será colocado en un recipiente y será almacenado a una temperatura ambiente especificada. A intervalos regulares de tiempo, se obtendrá la resistencia a la penetración del mortero utilizando agujas normalizadas. De una curva de resistencia a la penetración versus el tiempo transcurrido se determinará los tiempos de fraguado inicial y final. (NTP 339.082, pág. 3)

## 2.2.7.RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

El método de ensayo de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto endurecido consiste determinar la resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades los mismos que están establecidos por la norma NTP 339.034.

TABLA 25. TOLERANCIAS PERMISIBLES - RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 h	± 0.5 h ó 2.1 %
3 d	± 2 h ó 2.8 %
7 d	± 6 h ó 3.6 %
28 d	± 20 h ó 3.0 %
90 d	± 48 h ó 2.2 %

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.034

Los factores que afectan en la resistencia del concreto pueden ser varios debido a la variación brusca en las temperaturas la calidad de agregados y que estos generan micro fisuras y es muy difícil cuantificar sin embargo se considera que los principales son Relación agua/cemento, el grado de compactación, la edad y la temperatura sin embargo hay también otros factores que afectan la resistencia, como son: la relación agregado/cemento, la calidad del agregado (gradación, textura superficial, forma, resistencia y rigidez) y el tamaño máximo del agregado (*Neville & Brooks, 1998, pág. 93*).

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Agregado fino:** Proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8"). (*Norma E.060 del RNE 2014*).
- **Agregado grueso:** Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas. (*Norma E.060 del RNE 2014*).
- **Canto rodado:** Piedra pequeña, lisa y redondeada como consecuencia del desgaste sufrido en una corriente de agua.
- **Piedra Chancado:** Es de roca ígnea (andesita), formada por el enfriamiento y solidificación de materia rocosa fundida (magma), compuesta casi en su totalidad por silicatos. Se obtiene por trituración artificial de rocas o ravas y en tamaño, que en nuestro caso es de 1/2" y 3/4".
- **Aire atrapado:** Es el aire atrapado de manera natural en el concreto que puede incrementarse a consecuencia de una deficiente colocación o compactación. (Instituto del Concreto de 1997).
- **Asentamiento del Concreto:** Es la diferencia entre la altura del recipiente que sirve de molde de una probeta de concreto fresco y la de la probeta fuera del molde, medida en el eje y expresada en pulgadas. (Absalón y Salas 2008).
- **Cantera:** Lugar de donde se extrae piedra u otras materias primas de construcción. (Absalón y Salas 2008).

- **Cemento:** Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua y el aire. (Norma E.060 del RNE 2014).
- **Concreto:** Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivo. (Norma E.060 del RNE 2014).
- **Contenido de aire:** Es la diferencia entre el volumen aparente de la mezcla y el resultante de la suma de los volúmenes absolutos de los componentes. (Absalón y Salas 2008).
- **Diseños de mezcla:** Es la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto. (Absalón y Salas 2008).
- **Dosificación:** Es la proporción en peso o en volumen de los distintos.
- **Resistencia especificada a la compresión del concreto ( $f'c$ ):** Resistencia a la compresión del concreto empleado en el diseño y resistencia guía. (Norma E.060 del RNE 2014).
- **Tamaño máximo nominal:** Es la abertura del tamiz de malla menor a través del cual puede pasar como mínimo el 95% del agregado. (Absalón y Salas 2008).
- **Testigos de concreto:** Especímenes que sirven para determinar por lo general las resistencias mecánicas del concreto y llevar el control de calidad del mismo. (Absalón y Salas 2008).

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPOTESIS GENERAL.**

El tiempo de mezclado del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  influye negativamente en el fraguado del concreto y la resistencia final.

### **2.4.2. HIPOTESIS ESPECÍFICA.**

- El tiempo de mezclado del concreto normal  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  influye negativamente en el fraguado inicial.
- El tiempo de mezclado del concreto normal  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  influye negativamente en el fraguado final.

## **2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.**

- Tiempo de mezclado y velocidad del fraguado

### **2.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES.**

- Resistencia a la compresión en elementos estructurales

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

La presente investigación es APLICATIVA, porque el tema de investigación es posible que sea aplicado en nuestra realidad analizando la fabricación de concreto.

##### **3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.**

La investigación propuesta será de nivel EXPERIMENTAL, porque medirá variables y características en cada tiempo de mezclado de la muestra diseñada para observar si tendrán algún tipo de relación entre sí, es decir si tiene una diferencia en los resultados que se produzca.

### 3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

M ----- O ----- A ----- E

- M = Muestra  
 O = Observación  
 A = Análisis  
 E = Evaluación

### 3.3. POBLACIÓN MUESTRA

Está comprendida por todas las PROBETAS elaboradas con cemento Andino Tipo I, el agregado seleccionado del río de, los cuales han sido diseñados de acuerdo al método ACI 211.1.

**TABLA 26. NUMERO DE PROBETAS**

DISEÑO 210 KG/CM <sup>2</sup>	TIEMPO DE MEZCLADO (hr.)	TIEMPO DE CURADO DE PROBETAS PARA EL ENSAYO A LA COMPRESIÓN (días)			SUB TOTAL
		7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	
DISEÑO I SIN ADITIVO	01:00:00	3	3	3	9
	02:00:00	3	3	3	9
	03:00:00	3	3	3	9
DISEÑO II CON ADITIVO PLASTIFICANTE*	01:00:00	3	3	3	9
	02:00:00	3	3	3	9
	03:00:00	3	3	3	9
DISEÑO III CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE*	01:00:00	3	3	3	9
	02:00:00	3	3	3	9
	03:00:00	3	3	3	9
<b>TOTAL</b>					<b>81</b>

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

La cantidad de probetas cilíndricas se determinó siguiendo la recomendación del Reglamento de Edificaciones en la norma E60 Concreto armado en su ítem 5.6 Evaluación y aceptación del concreto,

la cual indica que la resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactoria si cumple con el promedio aritmético de 3 ensayos de resistencia consecutiva es igual o superior a  $f'c$ ; teniendo en cuenta que un ensayo de resistencia deber ser el promedio de resistencias de dos probetas cilíndricas de concreto a los 28 días.

### **3.4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

El método es HIPOTETICO – DEDUCTIVO, porque mediante los resultados obtenidos podemos demostrar que es aplicable o no en la zona de estudio. La presente investigación se propuso una hipótesis para poder verificar y evaluar el comportamiento que tuvo el diseño de mezcla planteado en la investigación

### **3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.5.1. INSTRUMENTOS**

En la presente Tesis: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL TIEMPO DE MEZCLADO Y VELOCIDAD DEL FRAGUADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  - YANACANCHA - PASCO – 2018, se utilizó:

- Laboratorio de Mecánica de Suelos EFP. Ingeniería Civil.
- Concreteras cercanas a nuestra localidad.

### 3.5.2. TECNICAS.

Se efectuó el uso de las siguientes técnicas:

- Ficha de recolección de datos.
- Bibliografía respecto al tema de estudio.
- Apuntes y publicaciones respecto al tema.
- Información de internet.

### 3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

- **Primera Etapa.** Revisión bibliográfica, recopilación de datos o búsqueda de información, de todo lo referente al tema de investigación, que en el presente trabajo fueron libros de especialidad, trabajos anteriores afines realizados en la facultad de ingeniería y páginas web especializadas.
- **Segunda Etapa.** Reconocimiento del objetivo de estudio de forma visual y la delimitación de las Unidades de Investigación.
- **Tercera Etapa.** Recolección de información de las unidades de investigación de acuerdo al formato de recolección de datos.
- **Cuarta Etapa.** Procesamiento y análisis de resultados, consistió en procesar y analizar los resultados obtenidos en la etapa anterior, para determinar los resultados finales en la investigación.
- **Quinta Etapa.** Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados. Como consecuencia de los datos adquiridos.

### **3.7. TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS**

Consiste en reemplazar los datos obtenidos de los ensayos en las fórmulas respectivas, obteniendo resultados; los cuales de acuerdo a la naturaleza del ensayo fueron aceptados como "Resultados Iniciales" o fueron sometidos a otros tratamientos para aceptarlos como tales. Este procedimiento lo hemos realizado con la ayuda de un procesador.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE CUADROS**

Para poder determinar el objetivo del proyecto de tesis y la comprobación de la hipótesis planteada y así analizar el tiempo de mezclado y la velocidad en la influencia en la resistencia del concreto conlleva a realizar el estudio de los componentes de la mezcla, para los cuales existen una serie de condiciones y restricciones y que estas deberán ser realizadas e interpretadas. Todos tratamientos estadísticos e interpretación se realizan respecto a las normas NTP (Norma Técnica Peruana) las mismas que están en concordancia a la

norma ASTM (American Society of Testing Materials) y el significado de los resultados obtenidos y la concordancia de las mismas.

#### **4.1.1. EXTRACCIÓN DE AGREGADO.**

Los agregados tradicionales que se producen en la cantera de Cochamarca son ideales, el lavado mediante mangueras y motobomba garantiza la calidad del agregado. Hoy en día la cantera de Cochamarca abastece a gran parte de las construcciones que se realizan en la provincia de Pasco abarcando en el mercado cada día más.

##### ***i. Ubicación Política***

Región : Pasco

Provincia : Pasco

Distrito : Vicco

Lugar : Cochamarca

##### ***ii. Ubicación Geográfica***

**TABLA 27. UBICACIÓN UTM DE CANTERA - VICCO**

ESTE	NORTE	ALTURA
360497.27	8799482.75	4114.00

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

##### ***iii. Acceso***

Esta cantera se encuentra a 10 min de la carretera Huayllay – Pasco, esta corta distancia le da accesibilidad

rápida a la ciudad de Cerro de Pasco y a la vez a distintos distritos de la ciudad.

Para llegar a la ciudad de Cerro de Pasco se toma la siguiente ruta:

- Salir de la cantera de Vicco por una carretera a nivel de trocha hasta empalmar con la vía asfaltada variante Vicco – Huayllay.
  - Seguir por la vía variante Vicco – Huayllay hasta alcanzar la carretera central.
  - Seguir por la carretera central hasta llegar al cruce de Huánuco.
  - Desde el cruce de Huánuco tomar el desvío hacia la ciudad de Cerro de Pasco.
  - Desde la ciudad de Cerro de Pasco se puede tomar los diferentes caminos para llegar a otros distritos.
- iv. Área de explotación:** 300 hectáreas aproximadamente.
- v. Propietario:** Comunidad de Cochamarca.
- vi. Tiempo de producción:** 08 años aproximadamente

#### 4.1.2. PROPIEDADES DEL AGREGADO.

##### ○ CONTENIDO DE HUMEDAD

M-1	M-2	M-3	PROMEDIO
3.30%	3.37%	3.37%	3.35%

**TABLA 28. CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO**

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>PROM.</b>
1.02%	0.94%	0.94%	0.97%

**TABLA 29. CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO**

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

○ **GRANULOMETRÍA**

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	
Nº 4	4.750	79.50	7.9	7.95	92.05	Tamaño maximo = —
Nº 8	2.380	166.90	16.7	24.64	75.36	Tamaño Maximo Nominal = —
Nº 16	1.190	236.10	23.6	48.25	51.75	Modulo de Fineza = 3.28
Nº 30	0.595	215.10	21.5	69.75	30.25	OBSERVACIONES:
Nº 50	0.297	144.70	14.5	84.22	15.78	
Nº 100	0.148	87.00	8.7	92.92	7.08	
FONDO	0.074	70.80	7.1	100.00	0.00	

**TABLA 30. GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO.**

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	
1"	25.400	0.00	0.0	0.00	100.00	Tamaño maximo = 1"
3 / 4"	19.050	0.00	0.0	0.00	100.00	Tamaño Maximo Nominal = 1"
1 / 2"	12.700	1172.00	46.9	46.88	53.12	Modulo de Fineza = 6.68
3 / 8"	9.525	634.00	25.4	72.24	27.76	
Nº 4	4.750	584.00	23.4	95.60	4.40	
FONDO		110.00	4.4	100.00	0.00	

**TABLA 31. GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO.**

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

○ **PESO UNITARIO SUELTO**

**TABLA 32. P.U.S – AGREGADO GRUESO**

<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>	<b>PROMEDIO</b>
1.390	1.380	1.373	1.381

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

**TABLA 33. P.U.S – AGREGADO FINO.**

M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1686	1703	1735	1708

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

○ **PESO COMPACTADO**

**TABLA 34. P.U.C. – AGREGADO GRUESO**

M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1.552	1.563	1.552	1.555

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

**TABLA 35. P.U.C. – AGREGADO FINO**

M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1916	1923	1955	1932

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

○ **PESO ESPECIFICO NOMINAL**

**TABLA 36. P.U.S – AGREGADO FINO**

M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1.749	1.753	1.750	1.751

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

**TABLA 37. P.E.N. - AGREGADO GRUESO**

M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
2.606	2.559	2.637	2.601

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

○ **ABSORCIÓN**

**TABLA 38. P.U.S – AGREGADO FINO**

M1	M2	M3	PROMEDIO
2.67%	2.67%	2.67%	2.67%

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

**TABLA 39. ABSORCIÓN - PIEDRA GRUESO**

M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1.42%	0.52%	2.04%	1.33%

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

### 4.1.3. DISEÑO DE MEZCLAS.

**TABLA 40. PROPIEDADES DE MATERIALES**

PROPIEDADES DE MATERIALES					
CEMENTO	Tipo I Andino			P. Especifico	3.11 gr/cm3
AGUA	Potable			P. Especifico	1 gr/cm3
<b>PROPIEDAD</b>	<b>AG. FINO</b>	<b>AG. GRUESO</b>			
P.E. masa	2.65	2.6		g/cm3	
%Absorción	2.67	1.33		%	
%Contenido de Humedad	3.35	0.97		%	
TMN		1.00		pulgada	
T.M.		1		pulgada	
Modulo de Finura	3.28				
P.U.S.	1708	1381		kg/m3	
P.U.C.		1555		kg/m3	
Pasante n° 200				%	
P.E "SSS"				g/cm3	
P.E. masa	2.65	2.6		g/cm3	
P.E aparente				g/cm3	

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

**TABLA 41. RELACIÓN DE DISEÑO EN PESOS**

$$\frac{C}{C} = \frac{\text{Peso}_{A.G.}}{C} = \frac{\text{Peso}_{A.F.}}{C}$$

CEMENTO	AGR. FINO	AGR. GRUESO	AGUA	
1	2.22	2.57	23.50	lt/bls

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

**TABLA 42. RELACIÓN DE DISEÑO POR TANDA DE SACO**

CEMENTO	AGR. FINO	AGR. GRUESO	AGUA
42.5	94.52	109.06	23.50
kg/saco	kg/saco	kg/saco	lt/saco

Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

**TABLA 43. RELACIÓN DE DISEÑO PARA EL VACIADO DE 9 PROBETAS**

<b>Cemento</b>	14.597
<b>Agua</b>	8.071
<b>Agr. Fino</b>	32.463
<b>Agr. Grueso</b>	37.457

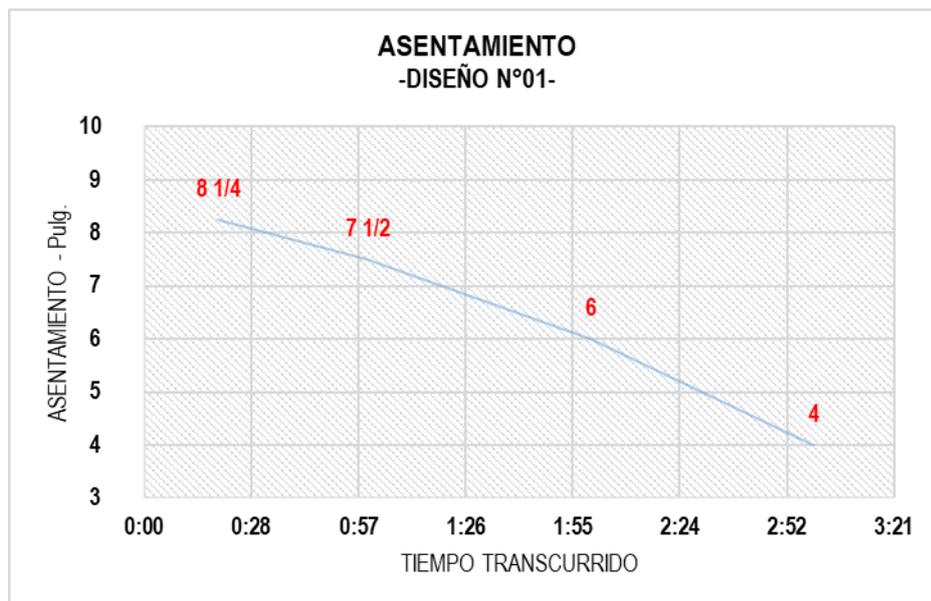
Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

#### 4.1.4. ASENTAMIENTO.

**TABLA 44. ASENTAMIENTO DE CONCRETO DEL DISEÑO N°01**

DISEÑO	HORA DE ELABORACION	HORA ENSAYO	TIEMPO TRANSCURRIDO	ASENTAMIENTO (pulg.)
N° 01	13:00	13:20	0:20	8 1/4
		14:00	1:00	7 1/2
		15:00	2:00	6
		16:00	3:00	4

Fuente: Propia.



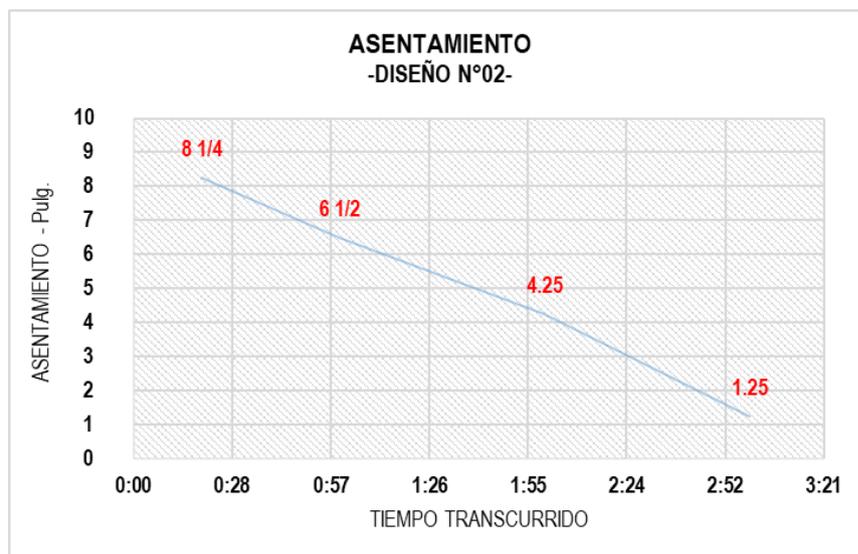
**GRÁFICO 1. ASENTAMIENTO VS TIEMPO TRANSCURRIDO - DISEÑO N° 01**

Fuente: Propia.

**TABLA 45. ASENTAMIENTO DE CONCRETO DEL DISEÑO N°02**

DISEÑO	HORA DE ELABORACION	HORA ENSAYO	TIEMPO TRANSCURRIDO	ASENTAMIENTO (pulg.)
N° 02	9:20	9:40	0:20	8 1/4
		10:20	1:00	6 1/2
		11:20	2:00	4.25
		12:20	3:00	1.25

Fuente: Propia.



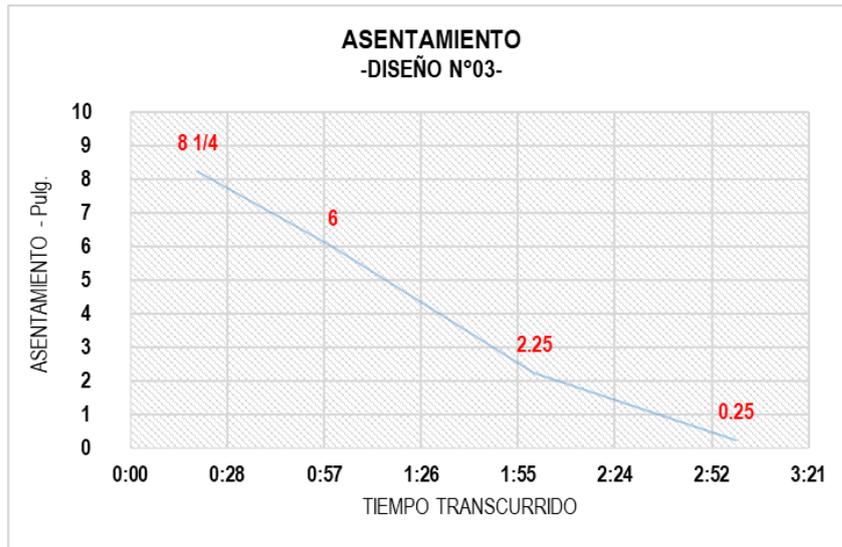
**GRÁFICO 2. ASENTAMIENTO VS TIEMPO TRANSCURRIDO - DISEÑO N° 02**

Fuente: Propia.

**TABLA 46. ASENTAMIENTO DE CONCRETO DEL DISEÑO N°03**

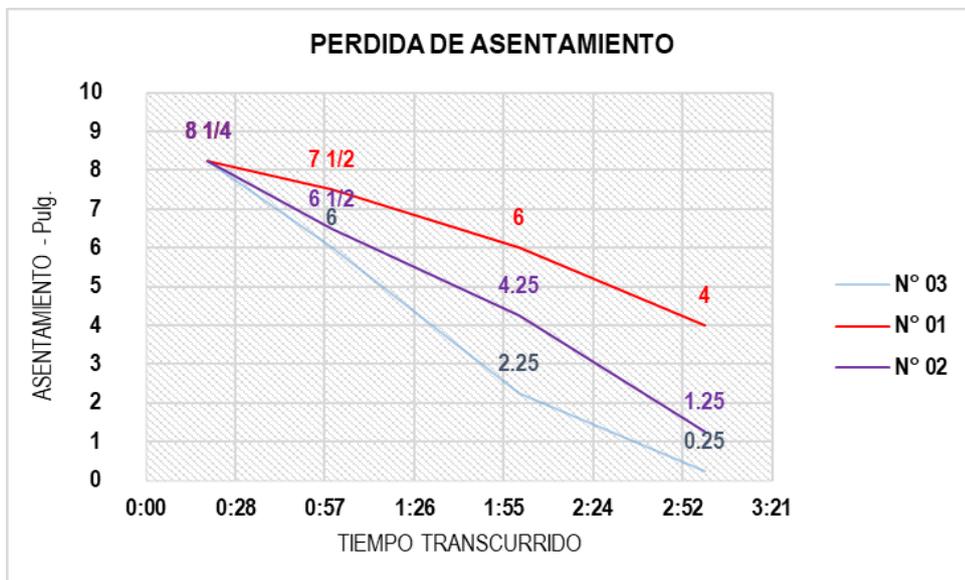
DISEÑO	HORA DE ELABORACION	HORA ENSAYO	TIEMPO TRANSCURRIDO	ASENTAMIENTO (pulg.)
N° 03	11:20	11:40	0:20	8 1/4
		12:20	1:00	6
		13:20	2:00	2.25
		14:20	3:00	0.25

Fuente: Propia.



**GRÁFICO 3. ASENTAMIENTO VS TIEMPO TRANSCURRIDO - DISEÑO N° 03**  
Fuente: Propia.

#### 4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS



**GRÁFICO 4. PERDIDA DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO**  
Fuente: Propia.

**TABLA 47. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - DISEÑO N°01 - 1HORA**

N°	N° DE CILINDRO	EDAD (días)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA OBTENIDA	% DE RESISTENCIA ESPECIFICADA	PROMEDIO
DISEÑO N° 01 1 HORA DE MEZCLADO	1A	7	16500	94.63	45.06%	70%	95.68
	2A	7	16900	95.63	45.54%	70%	
	3A	7	17100	96.77	46.08%	70%	
	4A	14	20600	115.03	54.78%	85%	115.47
	5A	14	20160	114.08	54.32%	85%	
	6A	14	20450	117.28	55.85%	85%	
	7A	28	26400	149.39	71.14%	100%	150.66
	8A	28	26500	144.14	68.64%	100%	
	9A	28	28000	158.45	75.45%	100%	

Fuente: Propia.

**TABLA 48. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - DISEÑO N°01 - 2HORA**

A/C	N° DE CILINDRO	EDAD (días)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA OBTENIDA	% DE RESISTENCIA ESPECIFICADA	PROMEDIO
DISEÑO N° 01 2 HORA DE MEZCLADO	1B	7	21100	121.01	57.62%	70%	117.53
	2B	7	20800	116.15	55.31%	70%	
	3B	7	20400	115.44	54.97%	70%	
	4B	14	22300	122.89	58.52%	85%	130.18
	5B	14	22100	135.70	64.62%	85%	
	6B	14	22700	131.95	62.83%	85%	
	7B	28	32100	179.25	85.36%	100%	181.43
	8B	28	32300	180.37	85.89%	100%	
	9B	28	34400	184.68	87.94%	100%	

Fuente: Propia.

**TABLA 49. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - DISEÑO N°01 - 3HORA**

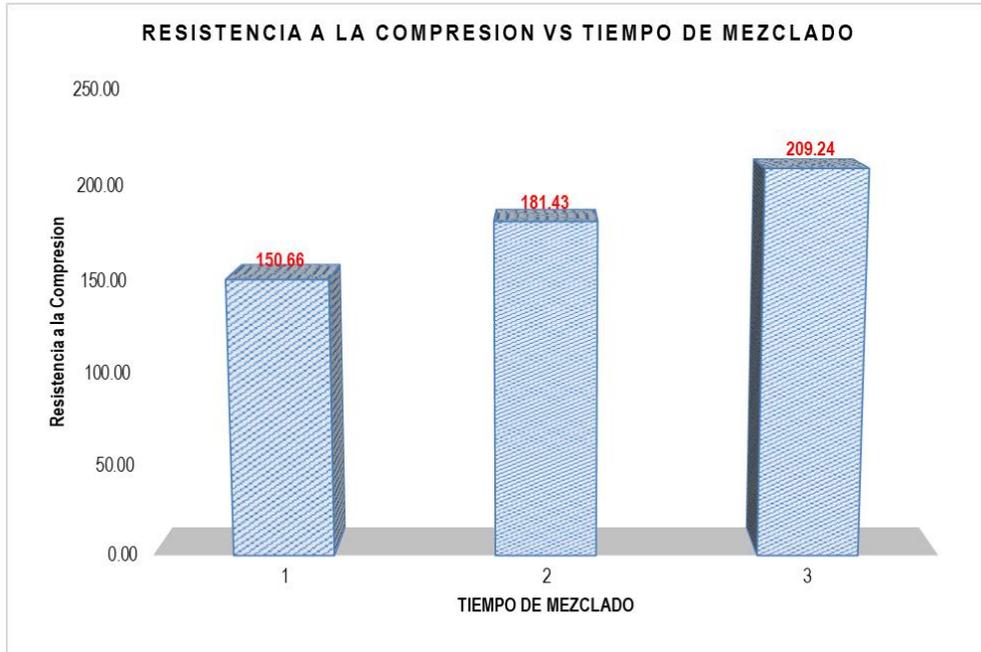
A/C	N° DE CILINDRO	EDAD (días)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA OBTENIDA	% DE RESISTENCIA ESPECIFICADA	PROMEDIO
DISEÑO N° 01 3 HORA DE MEZCLADO	1C	7	22700	126.76	60.36%	70%	129.38
	2C	7	23400	130.67	62.22%	70%	
	3C	7	23100	130.72	62.25%	70%	
	4C	14	28700	158.16	75.32%	85%	156.82
	5C	14	27800	155.24	73.92%	85%	
	6C	14	28500	157.06	74.79%	85%	
	7C	28	38100	212.76	101.31%	100%	209.24
	8C	28	37300	205.56	97.88%	100%	
	9C	28	37500	209.41	99.72%	100%	

Fuente: Propia.

**TABLA 50. PROMEDIO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - DISEÑO N°01**

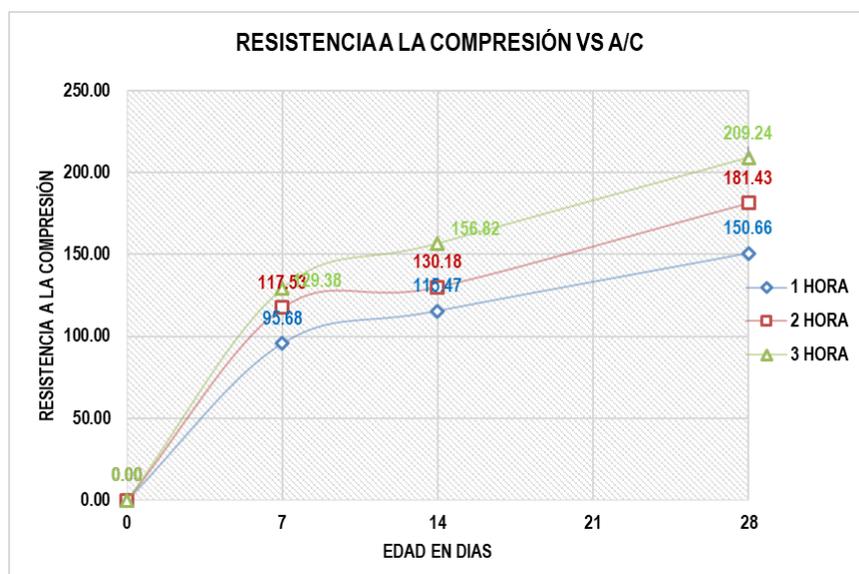
EDAD (días)	1 HORA	2 HORA	3 HORA
0	0.00	0.00	0.00
7	95.68	117.53	129.38
14	115.47	130.18	156.82
28	150.66	181.43	209.24

Fuente: Propia.



**GRAFICO 5. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN VS TIEMPO DE MEZCLADO DISEÑO N°01**

Fuente: Propia.



**GRAFICO 6. EDAD VS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – DISEÑO N°01**

Fuente: Propia.

**TABLA 51. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - DISEÑO N°02 - 1HORA**

Nº	Nº DE CILINDRO	EDAD (días)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA OBTENIDA	% DE RESISTENCIA ESPECIFICADA	PROMEDIO
DISEÑO N° 02 1 HORA DE MEZCLADO	1A	7	26500	151.98	72.37%	70%	150.63
	2A	7	26900	152.22	72.49%	70%	
	3A	7	26100	147.70	70.33%	70%	
	4A	14	30600	170.87	81.37%	85%	172.06
	5A	14	30160	170.67	81.27%	85%	
	6A	14	30450	174.63	83.16%	85%	
	7A	28	36400	205.98	98.09%	100%	206.52
	8A	28	36500	198.53	94.54%	100%	
	9A	28	38000	215.04	102.40%	100%	

Fuente: Propia.

**TABLA 52. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - DISEÑO N°02 - 2HORA**

A/C	Nº DE CILINDRO	EDAD (días)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA OBTENIDA	% DE RESISTENCIA ESPECIFICADA	PROMEDIO
DISEÑO N° 02 2 HORA DE MEZCLADO	1B	7	28100	161.16	76.74%	70%	160.90
	2B	7	28800	160.82	76.58%	70%	
	3B	7	28400	160.71	76.53%	70%	
	4B	14	32300	178.00	84.76%	85%	185.88
	5B	14	32100	197.10	93.86%	85%	
	6B	14	31400	182.52	86.92%	85%	
	7B	28	41500	231.74	110.35%	100%	232.00
	8B	28	41700	232.86	110.89%	100%	
	9B	28	43100	231.39	110.19%	100%	

Fuente: Propia.

**TABLA 53. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - DISEÑO N°02 - 3HORA**

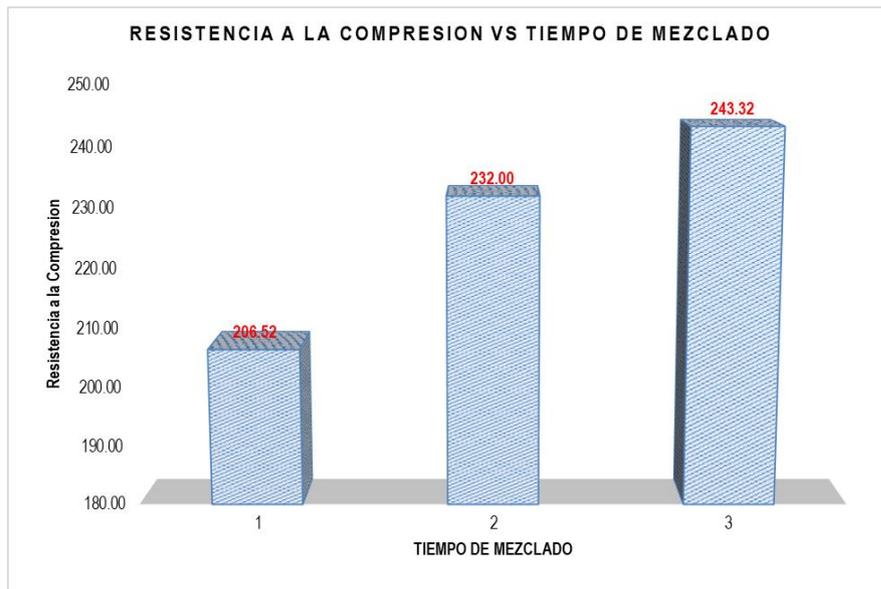
A/C	Nº DE CILINDRO	EDAD (días)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA OBTENIDA	% DE RESISTENCIA ESPECIFICADA	PROMEDIO
DISEÑO N° 02 3 HORA DE MEZCLADO	1C	7	31700	177.02	84.29%	70%	176.12
	2C	7	31400	175.34	83.50%	70%	
	3C	7	31100	175.99	83.80%	70%	
	4C	14	35500	195.64	93.16%	85%	197.24
	5C	14	35700	199.35	94.93%	85%	
	6C	14	35700	196.74	93.69%	85%	
	7C	28	42900	239.56	114.08%	100%	243.32
	8C	28	44300	244.13	116.25%	100%	
	9C	28	44100	246.26	117.27%	100%	

Fuente: Propia.

**TABLA 54. PROMEDIO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - DISEÑO N°02**

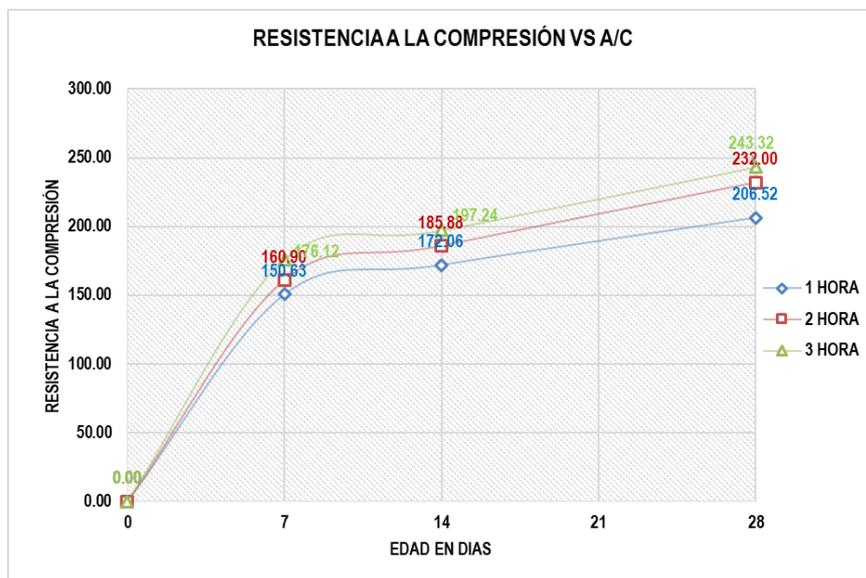
EDAD (días)	1 HORA	2 HORA	3 HORA
0	0.00	0.00	0.00
7	150.63	160.90	176.12
14	172.06	185.88	197.24
28	206.52	232.00	243.32

Fuente: Propia.



**GRAFICO 7. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN VS TIEMPO DE MEZCLADO DISEÑO N °02**

Fuente: Propia.



**GRAFICO 8. EDAD VS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – DISEÑO N° 02**

Fuente: Propia.

**TABLA 55. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - DISEÑO N°03 - 1HORA**

N°	N° DE CILINDRO	EDAD (días)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA OBTENIDA	% DE RESISTENCIA ESPECIFICADA	PROMEDIO
DISEÑO N° 03 1 HORA DE MEZCLADO	1A	7	32400	185.82	88.48%	70%	184.55
	2A	7	32900	186.18	88.66%	70%	
	3A	7	32100	181.65	86.50%	70%	
	4A	14	39300	219.46	104.50%	85%	220.05
	5A	14	39160	221.60	105.52%	85%	
	6A	14	38200	219.08	104.32%	85%	
	7A	28	48400	273.89	130.42%	100%	272.90
	8A	28	49500	269.24	128.21%	100%	
	9A	28	48700	275.59	131.23%	100%	

Fuente: Propia.

**TABLA 56. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - DISEÑO N°03 - 2HORA**

A/C	N° DE CILINDRO	EDAD (días)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA OBTENIDA	% DE RESISTENCIA ESPECIFICADA	PROMEDIO
DISEÑO N° 03 2 HORA DE MEZCLADO	1B	7	34700	199.01	94.77%	70%	195.63
	2B	7	34500	192.65	91.74%	70%	
	3B	7	34500	195.23	92.97%	70%	
	4B	14	41100	226.50	107.86%	85%	224.84
	5B	14	36800	225.96	107.60%	85%	
	6B	14	38200	222.05	105.74%	85%	
	7B	28	51200	285.91	136.15%	100%	285.27
	8B	28	51200	285.91	136.15%	100%	
	9B	28	52900	284.00	135.24%	100%	

Fuente: Propia.

**TABLA 57. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - DISEÑO N°03 - 3HORA**

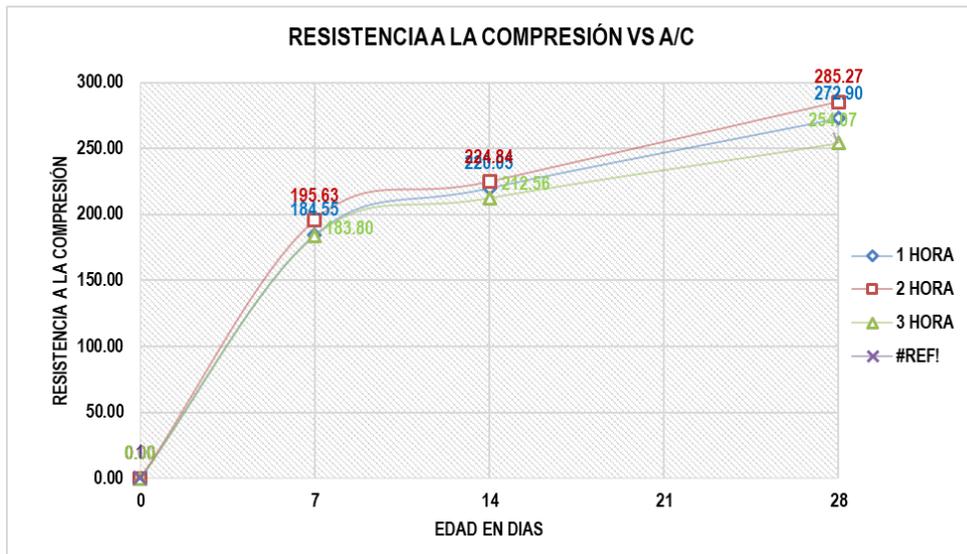
A/C	N° DE CILINDRO	EDAD (días)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA OBTENIDA	% DE RESISTENCIA ESPECIFICADA	PROMEDIO
DISEÑO N° 03 3 HORA DE MEZCLADO	1C	7	32700	182.60	86.95%	70%	183.80
	2C	7	32500	181.48	86.42%	70%	
	3C	7	33100	187.31	89.19%	70%	
	4C	14	38100	209.97	99.98%	85%	212.56
	5C	14	38400	214.43	102.11%	85%	
	6C	14	38700	213.27	101.56%	85%	
	7C	28	45800	255.75	121.79%	100%	254.07
	8C	28	46200	254.60	121.24%	100%	
	9C	28	45100	251.84	119.93%	100%	

Fuente: Propia.

**TABLA 58. PROMEDIO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - DISEÑO N°03**

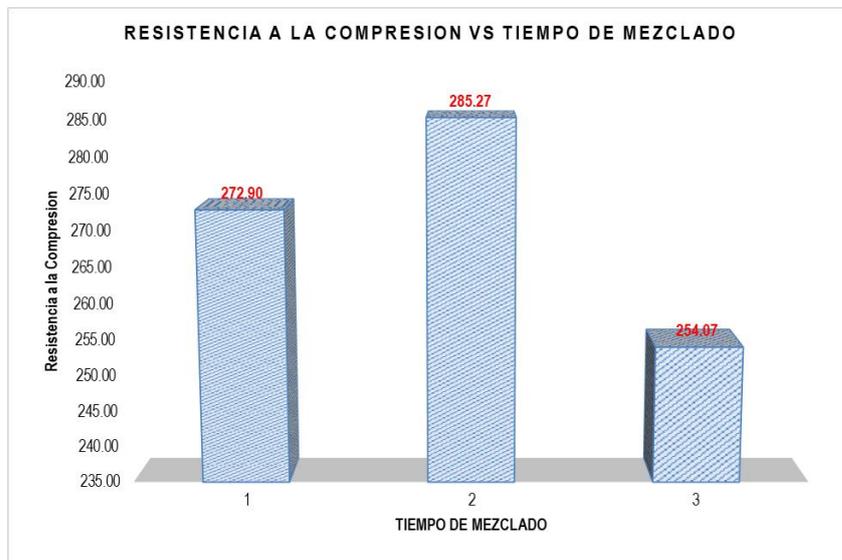
EDAD (días)	1 HORA	2 HORA	3 HORA
0	0.00	0.00	0.00
7	184.55	195.63	183.80
14	220.05	224.84	212.56
28	272.90	285.27	254.07

Fuente: Propia.



**GRAFICO 9. EDAD VS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – DISEÑO N° 03**

Fuente: Propia.



**GRAFICO 10. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN VS TIEMPO DE MEZCLADO DISEÑO N°03**

Fuente: Propia.

### 4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

#### 4.3.1. HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.

El tiempo de mezclado del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , influye negativamente en el fraguado el concreto y la resistencia final.

#### 4.3.2. PRUEBA DEL HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.

TABLA 59. TIEMPO DE FRAGUADO

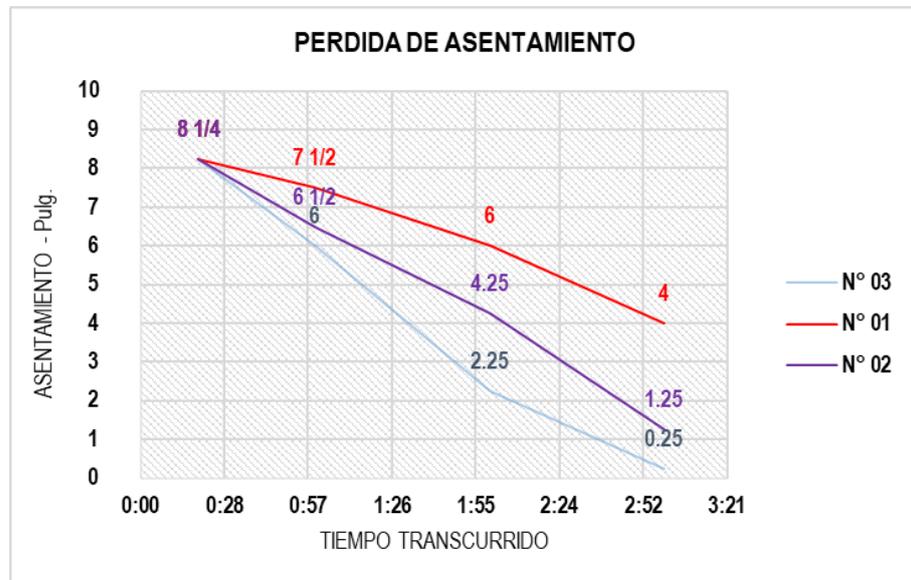
TIEMPO DE MEZCLA	DISEÑO N° 01		DISEÑO N° 02		DISEÑO N° 03	
	F. Inicial	F. Final	F. Inicial	F. Final	F. Inicial	F. Final
1 Hora	09:03:00	10:32:00	09:20:00	10:05:00	10:10:00	11:50:00
2 Hora	09:30:00	10:51:00	09:50:00	10:27:00	10:40:00	11:30:00
3 Hora	10:10:00	11:31:00	10:30:00	11:40:00	11:30:00	12:40:00

Fuente: Propia.

Se puede observar que el tiempo de mezclado en la elaboración del concreto afecta negativamente en la trabajabilidad y en el fraguado propiedades que es determinante para la colocación del concreto; el cual a mayor tiempo de mezclado se observa mayor pérdida de asentamiento por lo detallado la perdida de la trabajabilidad.

En el análisis el coeficiente de Pearson de acuerdo a lo detallado se encuentra en una correlación significativa. Por lo cual dando validez a la hipótesis planteada.

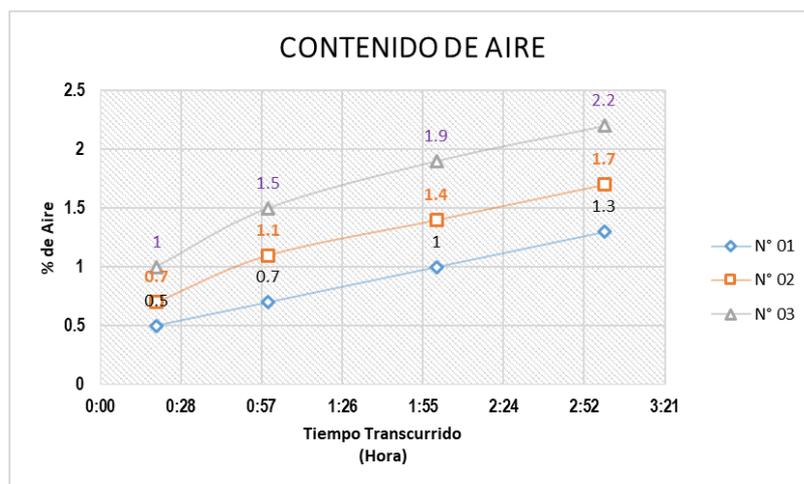
#### 4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS



**GRAFICO 11. PERDIDA DE ASENTAMIENTO (2)**

Fuente: Propia.

El grafico 11 se observa las pérdidas de asentamiento durante 3 horas de mezclado. El cual esto conlleva a la conclusión de que la pérdida del asentamiento de una mezcla de concreto para una determinada relación agua cemento con agua, es menor que, la pérdida de asentamiento en una mezcla de concreto para la misma relación agua cemento con aditivos y específicamente si este es un aditivo superplastificante, esto varía directamente con la cantidad del aditivo utilizado en la mezcla.



**GRAFICO 12. CONTENIDO DE AIRE**

Fuente: Propia.

El contenido de aire atrapado en los 3 diseños de mezclas está relacionado directamente con el asentamiento en el siguiente cuadro se aprecia la variación respecto a los diferentes tiempos de mezclado.

Los resultados mostrados en el grafico anterior también son corroborados visualmente como indican.

Lo mencionado anteriormente conlleva a la conclusión de que a mayor tiempo de mezclado disminuye la trabajabilidad del concreto y por lo tanto existe dificultad en el reacomodo de los componentes de la mezcla de concreto.

**TABLA 60. TIEMPO DE FRAGUADO**

TIEMPO DE MEZCLA	DISEÑO N° 01		DISEÑO N° 02		DISEÑO N° 03	
	F. Inicial	F. Final	F. Inicial	F. Final	F. Inicial	F. Final
1 Hora	09:03:00	10:32:00	09:20:00	10:05:00	10:10:00	11:50:00
2 Hora	09:30:00	10:51:00	09:50:00	10:27:00	10:40:00	11:30:00
3 Hora	10:10:00	11:31:00	10:30:00	11:40:00	11:30:00	12:40:00

Fuente: Propia.

Los resultados obtenidos indican el tiempo en el que el concreto llega a una resistencia a la penetración de 35kg/cm<sup>2</sup> (tiempo de fragua

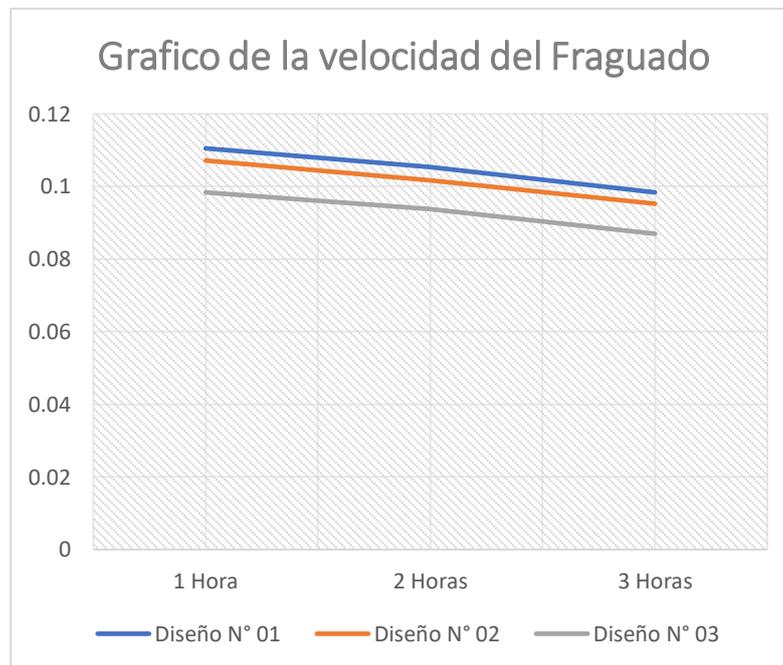
inicial), este resultado significa el cuidado que se debe tener en la estructura antes que este sea alterado por bajas temperaturas, la superficie del concreto sea alterado por el viento, las lluvias o el sol, etc.

Sobre estos resultados se puede deducir la velocidad del fraguado de cada diseño.

**TABLA 611. VELOCIDAD DE FRAGUADO**

TIEMPO DE MEZCLA	DISEÑO N° 01	DISEÑO N° 02	DISEÑO N° 03
1 Hora	0.110497	0.107143	0.098361
2 Hora	0.105263	0.101694	0.093750
3 Hora	0.098361	0.095238	0.086956

Fuente: Propia.



**GRÁFICO 133. VELOCIDAD DEL FRAGUADO**

Fuente: Propia.

Como se puede observar en el gráfico anterior, a mayor tiempo de mezclado, menor es la velocidad del fraguado; punto que se debe tomar en cuenta para el cuidado del concreto ante factores climáticos.

#### **4.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS**

De los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión en el Diseño I se muestra en las tablas y gráfico.

Del análisis de los resultados del concreto sin aditivo se deduce que a mayor tiempo de mezclado incrementa la resistencia sin embargo existe una pérdida considerable de una de sus propiedades que es el asentamiento ocasionando que el concreto pierda trabajabilidad tanto con riesgo a la generación de cangrejas

Los Diseños II y III reaccionan mucho mejor en cuanto a la resistencia requerida, aunque pierden trabajabilidad al igual que el Diseño I, pero son más recomendables para utilizar.

## CONCLUSIONES

- Del análisis de los resultados del concreto sin aditivo se deduce que a mayor tiempo de mezclado incrementa la resistencia sin embargo existe una pérdida considerable de una de sus propiedades que es el asentamiento ocasionando que el concreto pierda trabajabilidad.
- el tiempo de mezclado en la elaboración del concreto afecta negativamente en la trabajabilidad y en el fraguado propiedades que es determinante para la colocación del concreto; el cual a mayor tiempo de mezclado se observa mayor pérdida de asentamiento por lo detallado la pérdida de la trabajabilidad.
- Los diseños que se realizaron con aditivos y sin aditivo se observó una pérdida considerable del asentamiento desde las 2 horas; sin embargo para el concreto con un tiempo prolongado de mezclado (excepto el concreto con superplastificante) se garantiza la resistencia en la estructura si no se alteran las proporciones de la mezcla y si el elemento permite su colocación y distribución.
- El tiempo máximo de mezclado para un concreto sin aditivo es 3 horas, sin embargo, esto no sucede en un camión mezclador ya que la temperatura generada es mayor debido al mayor volumen por lo que se trabaja con un factor del 50% de las pruebas de laboratorio por ello lo recomendable es colocar el concreto en el elemento antes de 1:30 horas de mezclado para no trabajar al límite ni poner

en riesgo la resistencia, la norma ASTM C 94 contempla lo anteriormente mencionado.

- Los resultados obtenidos indican el tiempo en el que el concreto llega a una resistencia a la penetración de 35kg/cm<sup>2</sup> (tiempo de fragua inicial), este resultado significa el cuidado que se debe tener en la estructura antes que este sea alterado por bajas temperaturas, la superficie del concreto sea alterado por el viento, las lluvias o el sol, etc.
- La pérdida del asentamiento de una mezcla de concreto para una determinada relación agua cemento con agua, es menor que, la perdida de asentamiento en una mezcla de concreto para la misma relación agua cemento con aditivos y específicamente si este es un aditivo superplastificante, esto varia directamente con la cantidad del aditivo utilizado en la mezcla.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el concreto con aditivo, ya que sin este la resistencia a la compresión requerida no se puede alcanzar al 100%.
- Cuando la obra quede a 3 horas, se recomienda usar el aditivo Superplastificante que incluya un retardador de fragua para evitar mayores pérdidas en su asentamiento.
- Es importante determinar el tiempo de fragua; debido a que ello indica el tiempo para cuidar el elemento, para que sea resistente a las inclemencias del tiempo o que la superficie sea alterada por las lluvias el sol o el viento, etc.
- En caso que el vaciado se prolongue por motivos varios se recomienda reducir las revoluciones del camión mezclador y agregarle aditivo para retardar la fragua inicial del concreto, tener cuidado de no alterar la relación agua cemento a/c.
- Luego del análisis se recomienda la utilización de la correlación de la resistencia a la compresión vs edad del concreto para cada relación A/C.
- Un punto importante a tomar en cuenta y que se ha constatado como falencia en los diferentes proyectos en ejecución es el inadecuado control de acceso de los mixers, afectando en su funcionalidad y disminuyendo la capacidad de resistencia de las mismas

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Carbajal, I. E. (1999). TOPICOS DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO. LIMA: COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ Consejo Nacional.
- Comité ACI 318. (2008). Reglamento Estructural para Edificaciones. Estados Unidos: Copyright ©2008, American Concrete Institute.
- ASTM tandart Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concreto Specimens C 39, 2001.
- ACI 211 (American Concrete Institute). 1991. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, reapproved 2002, ACI Committee 211.
- NTP 400.012. 2013. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, INDECOPI.
- NTP 400.022. 2013. Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje absorción del agregado fino. Lima, INDECOPI.
- NTP 400.017. 2011. Método de ensayo para determinar pesos volumétricos secos, sueltos y compactados. Lima, INDECOPI.
- Flavio Abanto Castillo (2009), Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas), Lima – Perú.
- ACI Commitee 209. (1992). Prediction of Creep, Shrinkage and Temperature Effects in Concrete Structures. American Concrete Institute.
- ACI commitee 224. (2001). Control of Cracking in concrete Structures (224R-01). American Concrete Institute.

- ACI committee 224. (1993). Causes Evaluation and repair of cracks in concrete structures. American Concrete Institute.
- ACI International SP-220. (2004). Autogenous Deformation of Concrete.
- Burrows, R. W. (1998). The Visible and Invisible Cracking of Concrete. ACI.
- Carlson, R. W. (1938). Drying Shrinkage of Concrete as Affected by Many Factors. Proceedings ASTM, vol. 38, pp. 419 - 437.
- Concrete Society. (1992). Non-Structural Cracks in Concrete. Technical Report N°22.
- Davis, H. E. (1940). Autogenous Volume Changes of Concrete. Proceedings, ASTM, vol. 40, pp. 1103 - 1110.
- Esping, O., & Lofgrem, I. (2005). Cracking due Plastic and Autogenous Shrinkage - Investigation of Early Age Deformation of Self-Compacting Concrete. Chalmers University of Technology, Sweden.
- Gilbert, S. N. (2004). Shrinkage cracking and crack control in restrained reinforced concrete members. ACI Structural journal.
- Hansen, W., & Almudaiheem, J. A. (1987, Mayo - Junio). Ultimate Drying Shrinkage of concrete - Influence of Major Parameters. ACI Materials Journal, vol. 84(núm. 3), pp. 39 - 46.
- Holt, E. E. (2001). Early Age Autogenous Shrinkage of Concrete. Technical Research Centre of Finland.

- Houk, I. E., Borge, O. E., & Houghton, D. L. (1969). Studies of Autogenous Volumen Change in Concrete for Dworshak Dam. ACI Journal, Proceedings, vol. 66(núm. 7), pp. 560 - 568.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (2000, junio). Uso de aditivos reductores de contracción. Construcción y Tecnología.
- KOSMATKA, S. e. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto. Illinois: Portland Cement Association.
- Kosmatka, S. H., & Panarese, W. C. (1992). Diseño y control de mezclas de concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Lorman, W. R. (1940). The Theory of Concrete Creep. Proceedings ASTM, vol. 40, pp. 1082 - 1102.
- M. I. SANCHEZ de ROJAS, M. F. (2000). Estudios sobre el calor de hidratación desarrollado en morteros con materiales puzolanicos: naturales y subproductos industriales. MATERIALES DE CONSTRUCCION, 50, 48.
- Neville. (1977). Concrete Technology (second edition ed.).
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (1985). Concrete Technology. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Pasquel Carbajal, E. (1999). Tópicos de Tecnología del Concreto (2da Edición ed.). Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Nacional.
- Rivva Lopez, E. (2000). Naturaleza y Materiales del Concreto. Lima: Capitulo Peruano ACI.
- Rivva López, E. (2013). Tecnología del Concreto Diseño de Mezclas. Lima: Imprenta Williams E.I.R.L.

## **ANEXOS**



**Foto N°01: Planta Concretera en Cerro de Pasco.**



**Foto N°02: Planta Concretera en Rancas**



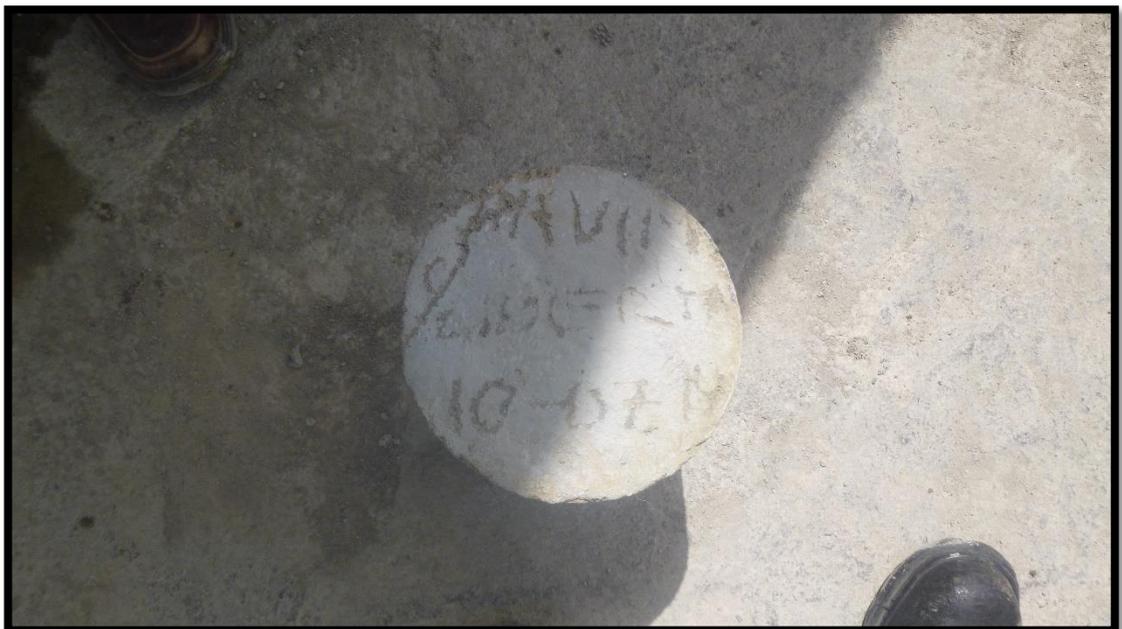
**Foto N°03: Aditivos a usar en Planta Concretera de Rancas.**



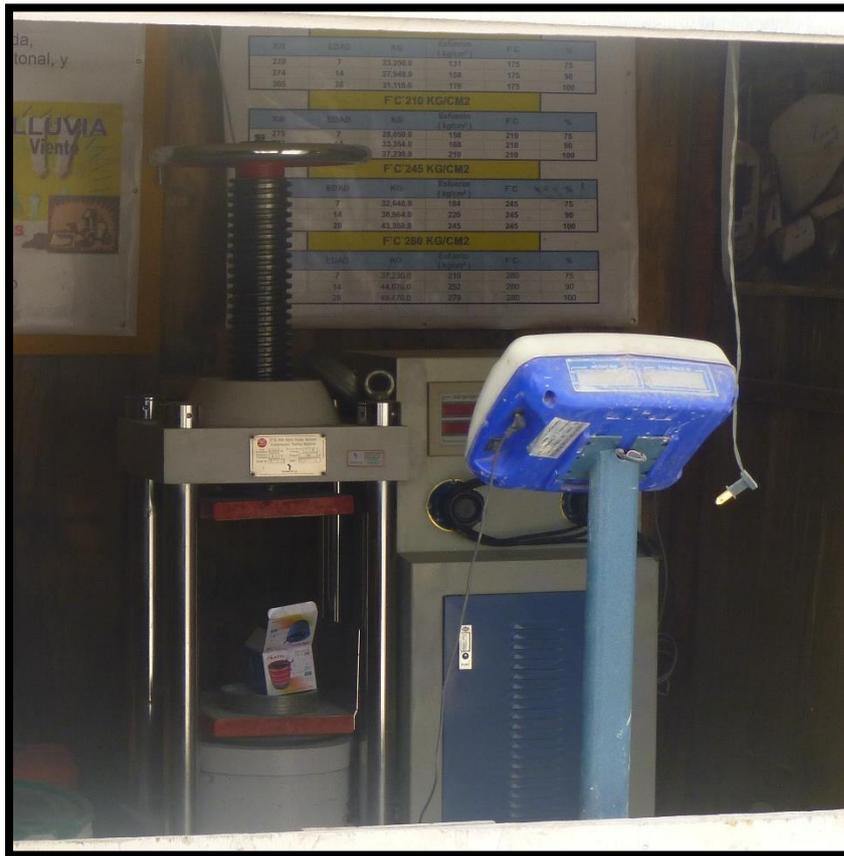
**Foto N°04: Evaluando el tiempo de mezclado para las probetas a sacar.**



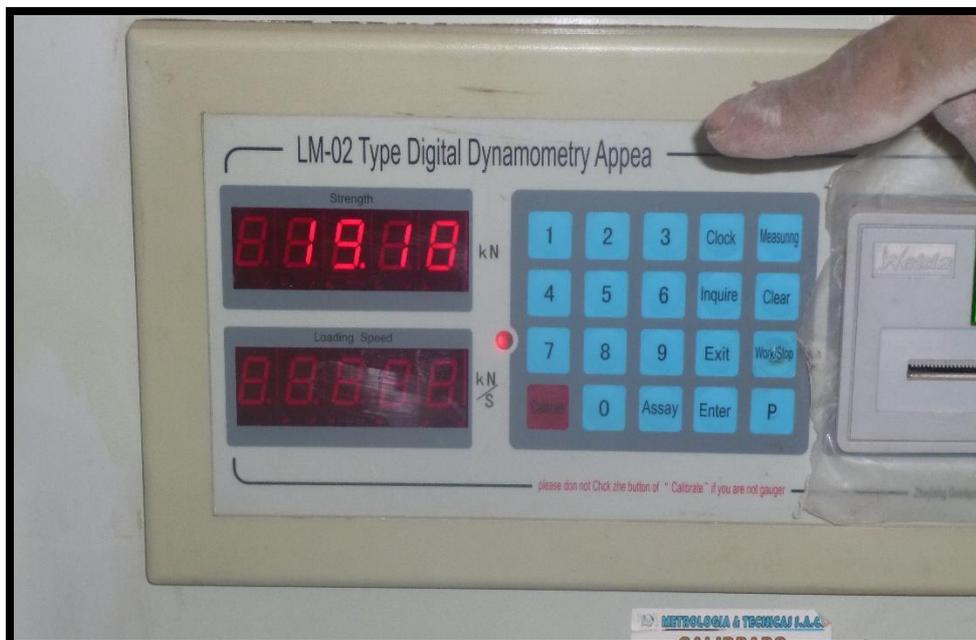
**Foto N°05: Testigos de concreto para realizar los ensayos de compresión respectivos.**



**Foto N°06: Testigo de concreto a ensayar en la rotura de probetas.**



**Foto N°07: Prensa para rotura de probetas.**



**Foto N°08: Indicador digital de la prensa para rotura de probetas, que indica la resistencia del concreto.**



**Foto N°09: Ensayo de rotura de probetas.**



**Foto N°10: Puesta en obra del concreto premezclado.**



**Foto N°11: Puesta en obra del concreto premezclado**



**Foto N°12: Puesta en obra del concreto premezclado en Yanacancha.**



**Foto N°13: Puesta en obra del concreto premezclado en Yanacancha.**



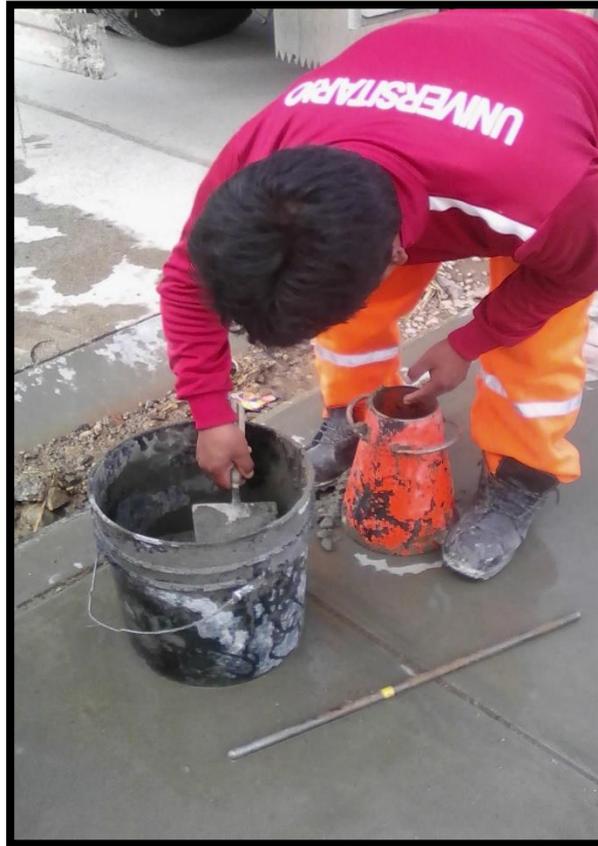
**Foto N°14: Puesta en obra del concreto premezclado en Carhuamayo.**



**Foto N°15: Puesta en obra del concreto premezclado en Carhuamayo.**



**Foto N°16: Camión mixer con bomba incluida.**



**Foto N°17: Ensayo del Cono de Abrahams.**



**Foto N°18: Vaciado de concreto en Carhuamayo.**



**Foto N°19: Ensayos para determinar las propiedades del agregado en el laboratorio de suelos de la E.F.P.I.C.**



**Foto N°20: Muestras a ensayar en el laboratorio.**



**Foto N°21: Ensayo de la granulometría.**



**Foto N°22: Determinación de las propiedades del agregado.**