

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



TESIS

**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DEL
AGUA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ELEMENTOS ESTRUCTURALES A 4380 MS.N.M. -
CHAUPIMARCA – PASCO”**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. SALVADOR ORTEGA, James Alberto

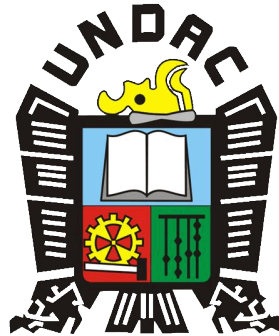
ASESOR:

MG. RAMIREZ MEDRANO, José Germán

CERRO DE PASCO – PERU

2019

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



TESIS

**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DEL AGUA EN
LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ELEMENTOS
ESTRUCTURALES A 4380 MS.N.M. - CHAUPIMARCA – PASCO”**

PRESENTADO POR:

BACH.SALVADOR ORTEGA, James Alberto

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LA COMISIÓN DE JURADOS:

MG. ROQUE HUAMAN, Eusebio
PRESIDENTE

MG. SIUCE BONIFACIO, Ramiro
MIEMBRO

ING.YARASCA CORDOVA, Pedro
MIEMBRO

CERRO DE PASCO – PERU

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis maestros de mi alma mater, por estar conmigo, por enseñarme a crecer y que ante una caída nos debemos de levantar y continuar por apoyarme y guiarme.

INDICE GENERAL

| | |
|---|-------------|
| DEDICATORIA | iii |
| INDICE GENERAL | iv |
| INDICE DE TABLA | vii |
| INDICE DE IMAGEN | viii |
| INDICE DE GRAFICO | viii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I | 3 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 4 |
| 1.2.1. PROBLEMA ESPECÍFICOS | 4 |
| 1.3. OBJETIVOS | 4 |
| 1.3.1. OBJETIVOS GENERAL. | 4 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. | 5 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA | 5 |
| 1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN | 5 |
| 1.5.1. IMPORTANCIA | 5 |
| 1.5.2. ALCANCES | 6 |
| 1.6. LIMITACIONES | 6 |
| 1.6.1. LIMITACIONES GEOGRAFICAS | 6 |
| 1.6.2. LIMITACIONES DE ESTUDIO | 6 |
| CAPÍTULO II | 7 |
| MARCO TEORICO | 7 |
| 2.1. ANTECEDENTES | 7 |
| 2.2. BASES TEÓRICO – CIENTÍFICOS | 12 |
| 2.2.1. CONCRETO. | 12 |
| 2.2.1.1. DEFINICIÓN. | 12 |
| 2.2.1.2. IMPORTANCIA. | 13 |
| 2.2.1.3. CARACTERISTICAS. | 13 |
| 2.2.1.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO. | 15 |
| 2.2.1.5. TIPOS DE CONCRETO. | 20 |
| 2.2.1.6. ENSAYO EN CONCRETO FRESCO. | 23 |
| 2.2.1.7. ENSAYO EN CONCRETO ENDURECIDO. | 26 |
| 2.2.2. AGREGADO. | 29 |
| 2.2.2.1. DEFINICIÓN. | 29 |
| 2.2.2.2. IMPORTANCIA. | 30 |

| | | |
|---------------------|--|-----------|
| 2.2.2.3. | CLASIFICACIÓN. | 32 |
| 2.2.2.4. | PROPIEDADES. | 41 |
| 2.2.3. | CEMENTO. | 50 |
| 2.2.3.1. | DEFINICIÓN. | 50 |
| 2.2.3.2. | COMPOSICIÓN. | 50 |
| 2.2.3.3. | TIPOS. | 53 |
| 2.2.3.4. | HIDRATACIÓN. | 54 |
| 2.2.3.5. | FRAGUADO. | 55 |
| 2.2.3.6. | ENDURECIMIENTO. | 56 |
| 2.2.3.7. | PROPIEDADES FÍSICAS. | 57 |
| 2.2.4. | AGUA. | 61 |
| 2.2.4.1. | DEFINICIÓN. | 61 |
| 2.2.4.2. | FUNCIONES. | 62 |
| 2.2.4.3. | REQUISITOS PARA SU USO. | 63 |
| 2.2.5. | DISEÑO DE MEZCLAS. | 64 |
| 2.2.5.1. | SECUENCIA MÉTODO ACI-211. | 65 |
| 2.2.5.2. | PARÁMETROS NECESARIOS. | 66 |
| 2.2.5.3. | PROCEDIMIENTO. | 67 |
| 2.3. | DEFINICIÓN DE TÉRMINOS | 75 |
| 2.4. | HIPÓTESIS | 77 |
| 2.4.1. | HIPOTESIS GENERAL. | 77 |
| 2.4.2. | HIPOTESIS ESPECÍFICAS. | 77 |
| 2.5. | IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES | 78 |
| 2.5.1. | VARIABLES INDEPENDIENTES. | 78 |
| 2.5.2. | VARIABLES DEPENDIENTES. | 78 |
| CAPÍTULO III | | 79 |
| METODOLOGÍA | | 79 |
| 3.1. | TIPO DE INVESTIGACIÓN | 79 |
| 3.1.1. | TIPO DE INVESTIGACIÓN. | 79 |
| 3.1.2. | NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN. | 79 |
| 3.2. | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 79 |
| 3.3. | POBLACIÓN MUESTRA | 79 |
| 3.4. | MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN | 80 |
| 3.5. | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 81 |
| 3.5.1. | TECNICAS E INSTRUMENTOS | 81 |
| 3.5.2. | INSTRUMENTOS. | 81 |
| 3.6. | TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS | 81 |
| 3.6.1. | MUESTREO (NTP 400.010) | 81 |
| 3.6.2. | CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185) | 83 |
| 3.6.3. | QUE PASA LA MALLA N° 200 (NTP 400.012) | 84 |
| 3.6.4. | GRANULOMÉTRICO (NTP400.012) | 85 |
| 3.6.5. | DESGASTE POR ABRASIÓN (NTP 400.019) | 89 |
| 3.6.6. | DENSIDAD, RELATIVA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO | 90 |

| | | |
|---------------------------------|---|------------|
| 3.6.7. | PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO | 93 |
| 3.6.8. | PESO UNITARIO DEL SUELTO (NTP 400. 017) | 94 |
| 3.6.9. | EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419) | 96 |
| 3.6.10. | CURADO DE ESPECÍMENES (NTP 339.033) | 98 |
| 3.6.11. | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034) | 100 |
| 3.7. | TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS | 102 |
| CAPÍTULO IV | | 103 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 103 |
| 4.1. | TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE CUADROS | 103 |
| 4.1.1. | EXTRACCIÓN DE AGREGADO. | 103 |
| 4.1.2. | PROPIEDADES DEL AGREGADO. | 104 |
| 4.1.3. | DISEÑO DE MEZCLAS. | 107 |
| 4.2. | PRESENTACIÓN DE RESULTADOS | 108 |
| 4.3. | PRUEBA DE HIPÓTESIS | 109 |
| 4.3.1. | HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO. | 109 |
| 4.3.2. | PRUEBA DEL HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO. | 109 |
| 4.4. | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 110 |
| CONCLUSIONES | | 118 |
| RECOMENDACIONES | | 119 |
| REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA | | 120 |
| ANEXO | | 123 |

INDICE DE TABLA

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Datos Historicos del Tiempo Chaupimarca | 4 |
| Tabla 2. Requisitos de la barra compactadora | 26 |
| Tabla 3. Método de consolidación requisitos de aplicación | 27 |
| Tabla 4. Moldeo de especímenes por apisonado | 27 |
| Tabla 5. Tolerancias prescritas para los ensayos | 29 |
| Tabla 6. Rocas y Constituyentes minerales en agregados para concreto | 33 |
| Tabla 7. Límites de Granulometría según ASTM – fina..... | 35 |
| Tabla 8. Requerimiento de Granulometría del Agregado Gueso..... | 36 |
| Tabla 9. Clasificación de la Forma de las Partículas..... | 38 |
| Tabla 10. Clasificación de la Textura Superficial de los Agregados..... | 39 |
| Tabla 11. Clasificación por la densidad de los Agregados..... | 40 |
| Tabla 12. Componentes fundamentales de la mezcla cruda | 50 |
| Tabla 13. Componentes del cemento portland..... | 51 |
| Tabla 14. Partes por millón aceptables en el agua de mezcla | 63 |
| Tabla 15. Resistencia a la compresión según la resistencia requerida. | 67 |
| Tabla 16. Resistencia a la compresión de diseño de acuerdo a la resistencia requerida | 67 |
| Tabla 17. Revenimiento mínimo y máximo según tipo de construcción. | 68 |
| Tabla 18. Volumen unitario de agua de acuerdo al TMN y el Slump | 69 |
| Tabla 19. Contenido de aire atrapado de acuerdo al TMN | 70 |
| Tabla 20. Relación agua/cemento de acuerdo a la resistencia. | 71 |
| Tabla 21. Resistencia a la compresión de acuerdo a la relación agua/cemento | 71 |
| Tabla 22. Cálculo del contenido de cemento de acuerdo a la relación agua/cemento..... | 72 |
| Tabla 23. Cálculo del volumen de cemento para cada contenido de este | 73 |
| Tabla 24. Volumen de agregado grueso para diferentes módulos de fineza. | 73 |
| Tabla 25. Cálculo del peso seco del agregado grueso para cada relación a/c..... | 74 |
| Tabla 26. Numero de Probetas | 80 |
| Tabla 27. Parámetros en la Granulometría..... | 87 |
| Tabla 28. Márgenes elaboración de Concreto | 100 |
| Tabla 29. % Tolerancia en Ensayo a la Compresión | 102 |
| Tabla 30. Ubicación UTM de Cantera - Vicco | 103 |
| Tabla 31. Contenido de Humedad de Agregado Fino | 104 |
| Tabla 32. Contenido de Humedad de Agregado Gueso..... | 105 |
| Tabla 33. Granulometría Agregado Fino. | 105 |
| Tabla 34. Granulometría Agregado Gueso..... | 105 |
| Tabla 35. P.U.S – Agregado Gueso..... | 105 |
| Tabla 36. P.U.S – Agregado Fino. | 105 |
| Tabla 37. P.U.C. – Agregado Gueso | 106 |
| Tabla 38. P.U.C. – Agregado Fino..... | 106 |
| Tabla 39. P.E.N – Agregado Fino | 106 |
| Tabla 40. P.E.N. - Agregado Gueso | 106 |
| Tabla 41. P.U.S – Agregado Fino | 106 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 42. Absorción - Piedra Grueso | 106 |
| Tabla 43. Propiedades de Materiales..... | 107 |
| Tabla 44. Relación de Diseño en Pesos..... | 107 |
| Tabla 45. Relación de Diseño por tanda de saco | 107 |
| Tabla 46. Relación de Diseño para el vaciado de 6 probetas | 107 |
| Tabla 47. Resistencia a la Compresión de probetas..... | 108 |
| Tabla 48. Resistencia a la compresión vs temperatura del agua..... | 108 |
| Tabla 49. Resistencia a la Compresión Promedio | 110 |
| Tabla 50. Resistencia a la Compresión vs Temperatura del agua 4°C | 110 |
| Tabla 51. Resistencia a la Compresión vs Temperatura del agua 15.5°C..... | 111 |
| Tabla 52. Resistencia a la Compresión vs Temperatura del agua 30°C..... | 112 |
| Tabla 53. Resistencia a la Compresión vs Temperatura del agua 60°C..... | 113 |
| Tabla 54. Resistencia a la Compresión vs Temperatura del agua 80°C..... | 114 |

INDICE DE IMAGEN

| | |
|---|----|
| Imagen 1. Mapa de Localización de Localidad | 6 |
| Imagen 2. Proporción típicas en volumen de los componentes del concreto..... | 30 |
| Imagen 3. Estados de Saturación del Agregado. | 42 |

INDICE DE GRAFICO

| | |
|---|-----|
| Gráfico 1. Resistencia a la compresión vs temperatura del agua | 109 |
| Gráfico 2. Resistencia a la Compresión Promedio | 110 |
| Gráfico 3. Resistencia a la Compresión vs Edad – 4 °C | 111 |
| Gráfico 4. Resistencia a la Compresión vs Edad – 15.5 °C..... | 112 |
| Gráfico 5. Resistencia a la Compresión vs Edad – 30 °C | 113 |
| Gráfico 6. Resistencia a la Compresión vs Edad – 60 °C | 114 |
| Gráfico 7. Resistencia a la Compresión vs Edad – 80 °C | 115 |
| Gráfico 8. Resistencia a la compresión vs temperatura del agua | 116 |
| Gráfico 9. Resistencia a la Compresión Promedio (3)..... | 116 |

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Cerro de Pasco se caracteriza por tener un clima agreste y sus bajas temperaturas influyen en la temperatura del agua y esta a su vez en la resistencia a la compresión en elementos estructurales a 4380 m.s.n.m. - Chaupimarca – Pasco, a partir de la determinación y evaluación la influencia del tiempo de mezclado y velocidad del fraguado en la elaboración de concreto.

En grafico 2 y tabla 49, se puede evidenciar la resistencia promedio que desarrolla el concreto en la diferente temperatura del agua: Para una temperatura de 4 °C desarrolla 279.17 kg/cm² Para una temperatura de 15.5 °C desarrolla 306.43 kg/cm² para una temperatura de 30 °C desarrolla 332.29 kg/cm² para una temperatura de 60 °C desarrolla 357.48 kg/cm² para una temperatura de 80 °C desarrolla 258.89 kg/cm²

Esta investigación se divide en:

- CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, en donde se efectúa la identificación del problema; en que el cambio de temperatura en las diferentes estaciones del año y su influencia, 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 los agregados el diseño de mezcla y los resultados de ensayos de laboratorio.
- 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 actualidad siendo una realidad en todo el mundo, el Perú y sobre todo en la ciudad de Chaupimarca capital de la provincia de Pasco se viene sufriendo una diversidad de problemas por los cambios de temperatura en las diversas estaciones del clima, por el efecto del calentamiento global.

La Región y Provincia de Pasco, distrito de Chaupimarca el cual se encuentra a 4380 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) donde las temperaturas del clima presentan una variedad considerable de los valores durante las diversas estaciones, de acuerdo a los datos que se puede recolectar de las diversas entidades supervisoras de las mismas. (Tabla 1).

Entre los meses más secos y más húmedos, la diferencia en las precipitaciones es 135 mm. A lo largo del año, las temperaturas varían en 2°C.

Por lo cual es importante que la temperatura del agua sea tenida en cuenta cuando se planifica los proyectos de vaciado y en la elaboración de concreto, debido a los efectos potenciales sobre la mezcla fresca y recién elaborada.

Tabla 1. Datos Historicos del Tiempo Chaupimarca

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 10.2 | 10 | 9.8 | 10.1 | 9 | 8.4 | 8.3 | 8.9 | 9.5 | 10.2 | 10.3 | 10.2 |
| Temperatura mín. (°C) | 4.1 | 4.4 | 4 | 3.3 | 1.4 | -0.1 | -0.4 | 0.3 | 2 | 3.2 | 3.4 | 3.4 |
| Temperatura máx. (°C) | 16.4 | 15.7 | 15.6 | 16.9 | 16.7 | 17 | 17 | 17.5 | 17 | 17.2 | 17.3 | 17.1 |
| Temperatura media (°F) | 50.4 | 50.0 | 49.6 | 50.2 | 48.2 | 47.1 | 46.9 | 48.0 | 49.1 | 50.4 | 50.5 | 50.4 |
| Temperatura mín. (°F) | 39.4 | 39.9 | 39.2 | 37.9 | 34.5 | 31.8 | 31.3 | 32.5 | 35.6 | 37.8 | 38.1 | 38.1 |
| Temperatura máx. (°F) | 61.5 | 60.3 | 60.1 | 62.4 | 62.1 | 62.6 | 62.6 | 63.5 | 62.6 | 63.0 | 63.1 | 62.8 |
| Precipitación (mm) | 130 | 150 | 144 | 82 | 41 | 15 | 18 | 27 | 51 | 95 | 94 | 117 |

Fuente: Senhami

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la influencia de la temperatura del agua en la resistencia a la compresión en elementos estructurales a 4380 m.s.n.m. - Chaupimarca - Pasco?

1.2.1. PROBLEMA ESPECÍFICOS

- ¿Cómo influye la temperatura del agua en la resistencia a la compresión en elementos estructurales a 4380 m.s.n.m. - Chaupimarca - Pasco?
- ¿Cuál es la temperatura máxima del agua que influye positivamente en la resistencia a la compresión en elementos estructurales a 4380 m.s.n.m. - Chaupimarca - Pasco?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVOS GENERAL.

Determinar la influencia de la temperatura del agua en la resistencia a la compresión en elementos estructurales a 4380 m.s.n.m. - Chaupimarca – Pasco

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar cómo influye la temperatura del agua en la resistencia a la compresión en elementos estructurales a 4380 m.s.n.m. - Chaupimarca – Pasco.
- Analizar la influencia de diferentes temperaturas del agua y la temperatura máxima ideal, en la resistencia a la compresión en elementos estructurales a 4380 m.s.n.m. - Chaupimarca – Pasco.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La presente investigación se justifica porque nos permite evaluar la influencia de la temperatura del agua en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en más de 4380 m.s.n.m., Chaupimarca, Pasco.

El aporte del estudio, ofrecerá un conjunto de datos que contribuirán directamente al desarrollo del conocimiento científico en el área de estructura, lo cual justifica un aporte en este ámbito de carácter teórico y científico, el cual servirá de apoyo para el conocimiento de futuras investigaciones en el sector.

1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. IMPORTANCIA

La importancia con lleva a hallar nivel de la influencia de la temperatura del agua en la resistencia a la compresión del

concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en más de 4380 m.s.n.m.,
Chaupimarca, Pasco.

1.5.2. ALCANCES

Localidades ubicadas a más de 4380 m.s.n.m., así mismo como
la localidad de Chaupimarca, Pasco.

1.6. LIMITACIONES

1.6.1. LIMITACIONES GEOGRAFICAS

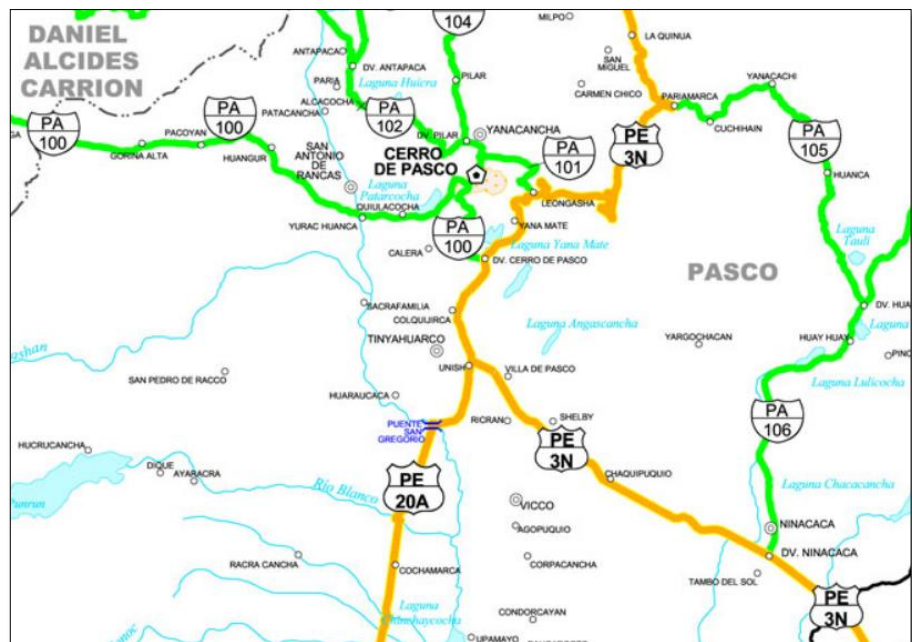


Imagen 1. Mapa de Localización de Localidad

FUENTE: <http://www.map-peru.com/es/mapas/ficha-mapa-vial-de-pasco-2004>

1.6.2. LIMITACIONES DE ESTUDIO

Se prevé las siguientes limitaciones para el desarrollo de la
investigación:

- A la variación de la temperatura del agua por causa de los
efectos de calentamiento climático.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

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

- TEMA : INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTE EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'c=210$ KG/CM² EN MÁS DE 4380 M.S.N.M., YANACANCHA - PASCO
- AUTOR : Nuria Lily HUARICANCHA CRISTOBAL
- INSTITUCIÓN : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
- AÑO : 2018
- PAIS : Pasco - Perú
- RESUMEN : El objetivo principal es evaluar la influencia de la temperatura ambiente en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm² en más de 4380 m.s.n.m., Yanacancha, Pasco. al momento de la preparación del concreto en la resistencia del mismo a los 28 días, con temperaturas que van desde 0°C hasta 12°C. El presente trabajo de tesis se llevó a realizar

en el laboratorio de la Escuela Formación Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, ubicado en el Campus d la universidad del distrito de Yanacancha. El cual se realizó en los meses de Julio – Agosto. Llegando a la siguiente conclusión:

Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con temperatura ambiente 0°C, a los 28 días de edad alcanzo superar la resistencia a la compresión de diseño, obteniendo en el ensayo $f'c=202 \text{ kg/cm}^2$.

Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con temperatura ambiente 5°C, a los 28 días de edad alcanzo superar la resistencia a la compresión de diseño, obteniendo en el ensayo $f'c=214 \text{ kg/cm}^2$.

Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con temperatura ambiente 7°C, a los 28 días de edad alcanzo superar la resistencia a la compresión de diseño, obteniendo en el ensayo $f'c=224 \text{ kg/cm}^2$.

Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con temperatura ambiente 8°C, a los 28 días de edad alcanzo superar la resistencia a la compresión de diseño, obteniendo en el ensayo $f'c=238 \text{ kg/cm}^2$.

Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con temperatura ambiente 9°C, a los 28 días de edad alcanzo superar la resistencia a la compresión de diseño, obteniendo en el ensayo $f'c=261 \text{ kg/cm}^2$.

Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con temperatura ambiente 10°C, a los 28 días de edad alcanzo superar la resistencia a la compresión de diseño, obteniendo en el ensayo $f'c=267 \text{ kg/cm}^2$.

Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con temperatura ambiente 11°C, a los 28 días de edad alcanzo superar la resistencia a la compresión de diseño, obteniendo en el ensayo $f'c=271 \text{ kg/cm}^2$.

Los resultados obtenidos, nos permite establecer el argumento que la temperatura ambiente que se presenta en la localidad de

Yanacancha, Provincia y Región Pasco, el cual se debe tener en cuenta como un factor para poder obtener una mayor resistencia a la compresión.

TEMA : INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DEL AGUA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C= 210 KG/CM², UTILIZANDO AGREGADOS DEL RIO CAJAMARQUINO

AUTOR : Héctor CASTRO SAAVEDRA

INSTITUCIÓN : Universidad Nacional de Cajamarca

AÑO : 2014

RESUMEN : El objetivo principal de este trabajo de investigación, fue determinar la influencia de la temperatura del agua al momento de la preparación del concreto en la resistencia del mismo a los 28 días, con temperaturas que van desde 4°C hasta 80°C.

Este trabajo de investigación, fue llevado a cabo en el laboratorio del ingeniero Wilfredo Renán Fernández Muñoz, ubicado en la urbanización Los Docentes, Manzana H; Lote 3, con la autorización de la oficina de

Coordinación Académica del Programa de Actualización Profesional de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería 2014 de la Universidad Nacional de Cajamarca. Para llevarse a cabo, realizándose este trabajo de investigación se realizó entre los meses de agosto y noviembre.

Luego de una preparación muy cuidadosa de los cilindros de concreto con aguas a temperaturas de 4°C, 18.5°C (temperatura ambiental), 40°C, 60°C y 80°C respectivamente, fueron colocados por los tiempos de 7, 14, 21 y 28 días en agua para su proceso de curado, fueron sometidos a compresión y se estudió su comportamiento. Llegando a la conclusión: Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con agua a la temperatura de 80°C, a los 28 días alcanzó una resistencia a la compresión de 259.92 kg/cm². Los resultados obtenidos, nos permiten decir con argumentos que la temperatura ideal del agua, para la preparación del concreto es de 60°C, ya que

con esta temperatura se alcanzó una mayor resistencia a la compresión igual a 348.87 kg/cm² a los 28 días. Con esto podemos asegurar que la resistencia a la compresión del concreto, es influenciada por la temperatura del agua utilizada en el momento de la preparación del mismo.

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 kg/m³. (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 C° 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/m³.

- F. **CONCRETOS NORMALES:** Son preparados con agregados corrientes y su peso unitario varía de 2300 a 2500 kg/m³. Según el tamaño máximo del agregado. El peso promedio es de 2400 kg/m³. (*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/m³. (*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/m³

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

M_m = Masa del recipiente de medida, en Kg.

V_m = Volumen del recipiente de medida, en m^3

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. /m³

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda, en m³

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 2. 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, ± 100 mm. Tolerancia en el diámetro ± 2 mm

FUENTE: NTP 339.033

Tabla 3. Método de consolidación requisitos de aplicación

| Asentamiento, mm | Método de consolidación |
|------------------|-------------------------|
| ≥ 25 | Apisonado o vibración |
| < 25 | Vibración |

FUENTE: NTP 339.033

Tabla 4. Moldeo de especímenes por apisonado

| Tipo de espécimen y tamaño | Número de capas de igual altura | Número de golpes por capa |
|--------------------------------|--|---------------------------|
| Cilindros: diámetro, mm | | |
| 100 | 2 | 25 |
| 150 | 3 | 25 |
| 225 | 4 | 50 |
| Vigas. Ancho, mm | | |
| 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 lb/pulg². para introducir la aguja una pulgada, y el fraguado final cuando se necesita aplicar la presión de 4000 lb/pulg².

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 lb/pulg².

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 lb/pulg².

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 5. 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 Módulo 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 6. 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 | Esquisto | Piedra Arcillosa |
| Cristobalita | Anhidrita | Pegmatita | Anfibolita | Piedra Aluvional |
| SILICATOS | SULFUROS DE HIERRO | Vidrio volcánico | Hornsfelsa | Argillita y Pizarra |
| Feldespatos | Pirita | 1. Obsidiana | Gneiss | Carbonatos |
| Ferromagnesianos | Marcasita | 2. Pumicita | Serpentina | 14. Calizas |
| 6. Hornblenda | Pirotilita | 3. Tufo | | 15. Dolomitas |
| 7. Augita | ÓXIDO DE HIERRO | 4. Escoria | | 16. Marga |
| 8. Arcillas | Magnetita | 5. Perlita | | 17. Tiza |
| 9. Ilitas | Hematita | Fetsita | | 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 7. 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 | 2-10 |

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 estar graduada dentro de los límites establecidos en la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en el siguiente cuadro.

Tabla 8. 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 (¾") | 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" - 3/8" | | | | | | 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" - 3/8" | | | | | | | 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 | 3/8" - 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 9. Clasificación de la Forma de las Partículas

| CLASIFICACIÓN DE LA FORMA DE LOS AGREGADOS | | |
|--|--|---|
| CLASIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN | EJEMPLOS |
| 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 10. Clasificación de la Textura Superficial de los Agregados

| CLASIFICACIÓN DE LA TEXTURA SUPERFICIAL DE LOS AGRGADOS | | |
|---|---|--|
| 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 11. Clasificación por la densidad de los Agregados

| AGREGADO | GRAVEDAD ESPECÍFICA "Ge" |
|----------|-----------------------------|
| 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.

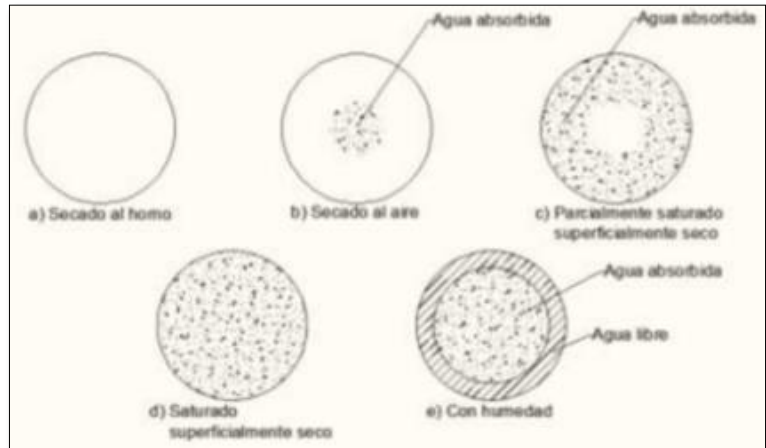


Imagen 3. Estados de Saturación del Agregado.

FUENTE: Neville & Brooks, 1985

- Condiciones de Saturación: A continuación, se esquematizan las condiciones de saturación, partiendo de un estado seco hasta que tiene una humedad superficial:
- 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 porque 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 varía 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 12. Componentes fundamentales de la mezcla cruda

| Componente Fundamental | Fórmula | Se Representa |
|-----------------------------------|--------------------------------|---------------|
| Óxido de calcio: cal, calcio. | CaO | C |
| Óxido de silicio: sílica, sílice. | SiO ₂ | S |
| Óxido de aluminio: alúmina. | Al ₂ O ₃ | A |
| Óxido de hierro | Fe ₂ O ₃ | 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 13. Componentes del cemento portland

| Nombre del Compuesto | Composición del óxido | Abreviatura | Porcentaje |
|--------------------------------------|-----------------------|-------------|------------|
| Silicato tricálcico (alita) | $3Ca.SiO_2$ | C_3S | 40 - 50% |
| Silicato dicálcico (belita) | $3Ca.SiO_2$ | C_3S | 20 - 30% |
| Aluminato tricálcico (felita) | $3Ca.Al_2O_3$ | C_3A | 10 - 15% |
| Aluminoferrito tetracálcico (celita) | $4Ca.Al_2O_3.Fe_2O_3$ | C_4AF | 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 ± 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

± 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 14. 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 SO_4 , será menor de 0.6 gr/l (600 ppm).
- e) El contenido de cloruros, expresado como ion CL , será menor de 1 gr/l (1000 ppm).
- f) El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en 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. Calculo 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 15. 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:
294 kg/cm²

Tabla 16. Resistencia a la compresión de diseño de acuerdo a la resistencia requerida

| RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm²) | RESISTENCIA PROMEDIO DE DISEÑO f_{cr} (kg/cm²) |
|---|---|
| 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)

Tabla 17. 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

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.

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 18. Volumen unitario de agua de acuerdo al TMN y el Slump

| VOLUMEN UNITARIO DE AGUA | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Asentamiento | agua en Lt/m ³ para los tamaños máximos nominales de agregado y consistencia indicados | | | | | | | |
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 6" |
| CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO | | | | | | | | |
| 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 | |
| CONCRETO CON AIRE INCORPORADO | | | | | | | | |
| 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

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.

Tabla 19. Contenido de aire atrapado de acuerdo al TMN

| CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO | |
|----------------------------|---------------|
| Tamaño máximo nominal | Aire atrapado |
| 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

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).

Por interpolación nos sale la relación a/c= 0.56

Tabla 20. 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 21. Resistencia a la compresión de acuerdo a la relación agua/cemento

| a/c | f'_{cr} (kg/cm²) | f'_c (kg/cm²) |
|------------|---|--|
| 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 22. Cálculo del contenido de cemento de acuerdo a la relación agua/cemento

| f cr (kg/cm2) | cálculo matemático | Contenido de cemento (kg/m3) |
|------------------|-----------------------|------------------------------------|
| 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 23. Cálculo del volumen de cemento para cada contenido de este

| cálculo matemático | Contenido de cemento (kg/m3) |
|--------------------|------------------------------|
| 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.

Tabla 24. 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 25. Cálculo del peso seco del agregado grueso para cada relación a/c

| Para una relación a/c | Peso Seco a. grueso (kg/m ³) |
|-----------------------|--|
| 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

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/m³.

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:

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

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:

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

XI. Cálculo del peso en estado seco del agregado fino

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

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

XII. Presentación de los diseños en estado seco

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

2.3. 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 (N°4), 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

trituration artificial de rocas o gravas y en tamaño, que en nuestro caso es de ½”.

- **Cantera:** Lugar de donde se extrae piedra u otras materias primas de construcción. (Absalón y Salas 2008).
- **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).
- **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).
- **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.

La evaluación de la influencia de la temperatura del agua va a optimizar la resistencia la compresión en elementos estructurales a 4380 m.s.n.m. - Chaupimarca – Pasco

2.4.2. HIPOTESIS ESPECÍFICAS.

- El nivel de influencia de la temperatura del agua en la resistencia a la compresión en elementos estructurales a 4380 m.s.n.m. Es representativa.
- La Influencia de diferentes temperaturas del agua en la resistencia a la compresión en elementos estructurales a 4380 m.s.n.m. - Chaupimarca – Pasco es a mayor temperatura del agua aumenta la resistencia a la compresión hasta llegar a una temperatura máxima ideal,

la cual será antes de llegar al punto de ebullición en el cual la resistencia baja por debajo de la resistencia requerida.

2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.

- Resistencia a la compresión.

2.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES.

- Temperatura del agua.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El nivel de investigación en el presente trabajo de investigación es Descriptivo y Explicativo.

3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.

Es no experimental, por ser una investigación descriptiva, el diseño que se utilizó en la presente investigación es descriptivo para lo cual se muestra el siguiente esquema:

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

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

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

3.3. POBLACIÓN MUESTRA

Se considera como población a las probetas de concreto que se puedan elaborar con el agregado de la cantera Cochamarca para los diferentes tipos de concreto a utilizarse.

Tabla 26. Numero de Probetas

| Temperatura °C | 7 días | 14 días | 28 días |
|-----------------------------|--------|---------|---------|
| 2 | 3 | 3 | 3 |
| 15.5 (T. Ambiente) | 3 | 3 | 3 |
| 30 | 3 | 3 | 3 |
| 60 | 3 | 3 | 3 |
| 80 (Punto de ebullición) | 3 | 3 | 3 |
| | 15 | 15 | 15 |
| | 45 | | |

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

La presente investigación está compuesta por tres etapas. La primera de ellas se encuentra conformada por todos los ensayos practicada de los materiales primas (agregado grueso, fino), la misma que debía cumplir una serie de requisitos relacionados con las características según N.T.P.

La segunda etapa corresponde en la elaboración del diseño de mezcla, en los diferentes tipos de temperatura del agua. Por último, la tercera

etapa, el ensayo de los especímenes. Para la comprobación de sus características y resultados a la compresión.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. TECNICAS E INSTRUMENTOS

En la presente Tesis: “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DEL AGUA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES A 4380 M.S.N.M. - CHAUPIMARCA – PASCO”, se utilizó:

- Laboratorio de Mecánica de Suelos EFP. Ingeniería Civil.

3.5.2. INSTRUMENTOS.

Se efectuó el uso de los siguientes instrumentos:

- 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

El presente proyecto de tesis, se desarrolló con los criterios de acuerdo a los criterios establecidos en las normas: ASTM C33, ASTM C150.

3.6.1. MUESTREO (NTP 400.010)

La investigación preliminar y el muestreo potenciales de canteras de agregados, ocupan un lugar muy importante porque ello se determina la conveniencia de su utilización. Es necesario el

control de calidad del material para asegurar la durabilidad de la estructura resultante, esto influenciará en el tipo de construcción y en la parte económica de la obra.

EQUIPOS UTILIZADOS

- ***Bolsas plásticas:*** Material resistente con capacidad de volumen de más de 25 kg de preferencia.
- ***Palas:*** Herramienta manual para remover el agregado.
- ***Sacos:*** Material importante para el almacenamiento de agregados.
- ***Zaranda de “1/2”:*** Herramienta manual para la selección del agregado en función al tamaño máximo del agregado.
- ***Tamiz N° 4:*** Instrumento para la clasificación de agregados gruesos y finos.

PROCEDIMIENTO

Se seleccionó dos álveos de río, como son álveo “a” y álveo “b”, se procedió a realizar el muestro de agregados en campo en relación a la norma ASTM D 75 (Muestreo de Apilamientos).

- Se verifico que el agregado apilado se encuentre preparado para su venta y el requerimiento del tamaño máximo correspondiente.
- Se realizó el muestreo de arriba de al menos tres porciones tomadas del tercio superior, de la zona media y del tercio

inferior del volumen del apilamiento, donde se debe de evitar la segregación de agregado grueso.

- Con la ayuda de la pala, se removió el agregado que se encuentra por encima por lo menos 3 a 4 veces, enseguida se realizó la extracción del agregado. Para su posterior clasificación como agregado grueso y fino.
- Finalmente se procedió almacenar en las bolsas de plástico junto con los sacos para evitarla en lo posible la pérdida de sus propiedades del agregado e identificar correctamente los sacos, como se muestra en la imagen. La cantidad de la muestra tanto para agregado grueso y agregado fino será de acuerdo a lo indicado.

3.6.2. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185)

EQUIPOS UTILIZADOS

Recipiente Para Muestra: Se utiliza un recipiente metálico de aluminio con suficiente volumen para contener la muestra, el cual no sea afectado por el calor.

Fuente De Calor: Es el horno capaz de mantener una temperatura de $110C^{\circ} + 5C^{\circ}$.

Balanza: Con una precisión de legibilidad y sensibilidad dentro de 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango y graduado como mínimo a 0.05kg.

Agitador: Se utiliza una cuchara metálica o espátula de tamaño adecuado.

PROCEDIMIENTO

- Se procedió a pesar el recipiente de aluminio.
- Se pesó el recipiente de aluminio + la muestra humedad natural tanto para el agregado grueso y agregado fino separadamente.
- Seguidamente se colocó la muestra húmeda natural+ el recipiente en el horno para secar completamente a una temperatura de 110 °C por un tiempo de 24 horas.
- Finalmente, ya pasadas las 24 horas al día siguiente sacar del horno las muestras y después que se haya secado, hasta mostrar un peso constante se procede a pesar la muestra seca más el recipiente.

3.6.3. QUE PASA LA MALLA N° 200 (NTP 400.012)

EQUIPOS UTILIZADOS

- Bandejas Metálicas
- Horno o Fuente de Calor
- Balanzas de precisión
- Tamiz N° 200: Sirve para el lavado del agregado.

PROCEDIMIENTO

- Se realiza un cuarteo manual de acuerdo al tamaño máximo nominal requerido según norma, el cual servirá

para el ensayo granulométrico del agregado grueso, y de la misma forma para el agregado fino aproximadamente 1.5 kg, donde seca a una temperatura alta con la ayuda de una estufa de cocina, luego se pesa hasta obtener peso constante.

- Se procedió a lavar el agregado sobre un recipiente, mediante el tamiz N°200 removiendo en forma circular evitando la pérdida de finos en suspensión, este procedimiento se realizó para el agregado grueso y agregado fino.
- Una vez terminada el paso anterior se procedió a colocar la muestra en el horno durante 18 a 24 horas, a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$.
- Se procedió a sacar la muestra del horno y hacer enfriar a una temperatura ambiente para registra su peso seco final.

3.6.4. GRANULOMÉTRICO (NTP400.012)

EQUIPOS UTILIZADOS

Bandejas metálicas: recipiente que tenga la capacidad suficiente en volumen de almacenar la muestra requerida y capaz de soportar una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$ Preferentemente de aluminio.

Horno o fuente de calor: Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Balanzas de precisión: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino, grueso y global deberán tener la siguiente exactitud y aproximación:

- Para agregado fino, con aproximación de 0,1 g y exacta a 0,1 g ó 0,1 % de la Masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.
- Para agregado grueso o agregado global, con aproximación y exacta a 0,5 g ó 0,1% de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso. (*Norma Técnica Peruana, AGREGADOS. Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global, 2001, pág. 3*).

Juego de Tamices: que cumplan con las especificaciones normalizados de norma ASTM E-11 o la norma NTP 350.001 tanto para agregado grueso y agregado fino y serán los siguientes.

- Agregado Grueso: 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4.
- Agregado Fino: 3/8", N°4, N8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200.
- Agregado Global: 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4. N8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200.

Recipientes metálicos: sirve para almacenar el agregado retenido en cada tamiz, para después ser pesado.

PROCEDIMIENTO

Una vez obtenido una muestra representativa de acuerdo a la norma, tanto para agregado grueso y agregado fino la muestra es reducida de acuerdo a la norma, bajo el proceso del método B cuarteo manual.

Tabla 27. Parámetros en la Granulometría

| Tamaño máximo Nominal Aberturas cuadradas mm (pulg.) | Cantidad de la Muestra de Ensayo Mínimo kg (lb) |
|---|--|
| 9.5(3/8") | 1(2) |
| 12.5(1/2") | 2(4) |
| 19.0(3/4") | 5(11) |
| 25.0(1") | 10(22) |
| 37.5(1 1/2") | 15(33) |
| 50(2") | 20(44) |
| 63 (2 1/2") | 35(77) |
| 75 (3") | 60(130) |
| 90 (3 1/2") | 100(220) |
| 100 (4") | 150(330) |
| 125 (5") | 300(660) |

Fuente: (Norma Técnica Peruana, AGREGADOS. Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global, 2001, pág. 4).

Agregado grueso: la cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la tabla siguiente.

Agregado fino: la cantidad de muestra de ensayo de agregado fino será como mínimo 300 g.

1. Se colocó la muestra de agregado, en un suelo limpio y plano donde no se produzca la pérdida del agregado ni la adición de cualquier otro material para proceder a realizar el método del cuarteo manual. El mismo procedimiento para el

agregado grueso, agregado fino y agregado global (hormigón).

2. Se mezcló el agregado completamente con la ayuda de la pala por lo menos 3 a 4 veces formando una pila cónica y evitando la segregación de partículas a la parte inferior, posterior se presiona con la pala hasta obtener un diámetro uniforme por lo menos de 4 a 8 veces el espesor.
3. Se procedió a dividir con una tabla de madera en 4 partes iguales y se removi6 los cuartos diagonalmente opuestos. este paso se realiz6 3 veces hasta reducir la muestra al tamaño requerido para el procedimiento del tamizado.
4. Una vez realizado el proceso del cuarteo manual para cada uno de los agregados según tamaño requerido, se procedió a secar la muestra con el apoyo de un calentador a altas temperaturas (cocinas a gas), hasta obtener peso constante y se registr6 el peso inicial original de la muestra.
5. Se procedió a lavar la muestra mediante el tamiz N° 200 evitando la pérdida de finos tanto para el agregado grueso, agregado fino y agregado global, hasta obtener un material libre de polvo o suciedad.
6. Se coloc6 la muestra húmeda en el horno para su secado durante las 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$, tanto para el agregado grueso, agregado fino.

7. Al día siguiente se sacó la muestra del horno para ser pesado a temperatura ambiente, en una balanza de precisión a 0.1 gr para el agregado Fino y una balanza de precisión para el agregado Grueso a 0.5 g.
8. Luego se realizó el tamizado manual durante entre 3 y 5 de minutos aproximadamente, sobre un paño de algodón en forma circular y de arriba hacia abajo evitando la pérdida de partículas.
9. Se realizó el pesado de agregado retenido en cada tamiz tanto para el grueso, agregado fino y agregado global (hormigón).
10. Se procede a colocar cada porción retenida en una bandeja para ver su gradación.

3.6.5. DESGASTE POR ABRASIÓN (NTP 400.019)

EQUIPOS UTILIZADOS

- Juego de tamices: Se usa en función a la granulometría del agregado como son 3/4", 1/2", 3/8". N° 12.
- Recipientes metálicos
- Balanza, Estufa
- Máquina de los ángeles: el cual consistirá en un cilindro cerrado en ambos extremos, con un diámetro interno de 28 pulgadas y el largo inferior de 20 pulgadas.
- Esferas metálicas de acero inoxidable.

PROCEDIMIENTO

- Se verificó el análisis granulométrico del agregado grueso de sus pesos retenidos, para luego seleccionar el tipo de gradación.
- Se realizó el lavado del agregado grueso por medio del tamiz N200, para luego proceder a secar por medio de una estufa a temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Se procedió a pesar hasta obtener peso constante retenido en cada tamiz.
- Se introdujo la muestra de agregado a la máquina de los ángeles juntos con las esferas de acero inoxidable, para luego programar a una velocidad de 500 revoluciones durante 17 minutos.
- Una vez terminada el paso anterior se procedió a sacar la muestra para ser tamizada por el tamiz N° 12.
- Se procedió a lavar todo el material retenido en el tamiz n 12, el cual esté libre de polvo, para luego realizar el secado en una estufa y registrar su peso final.

3.6.6. DENSIDAD, RELATIVA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO

FINO

EQUIPOS UTILIZADOS

- Balanza

- Picnómetro es un matraz o frasco volumétrico que tiene una capacidad de 500 ml
- Molde cónico metálico
- Apisonador de metal
- Bomba de vacíos y Horno.

PROCEDIMIENTO

1. Se anotó el peso del picnómetro con agua hasta el nivel de 500 ml.
2. Se realizó el cuarteo hasta conseguir una muestra de más de 1 kg, se pone a secar a 110 °C hasta peso constante, se enfría a temperatura ambiente por una a tres horas, seguidamente se sumergió en un recipiente con agua por 24 para lograr su saturación.
3. Transcurrido ese tiempo se vierte el agua, con mucho cuidado para que no se pierda el material.
4. El agregado húmedo se colocó en bandeja y se lleva a horno muy moderado (60°C) para que gradualmente pierda humedad, removiendo constantemente para que la humedad sea uniforme y para vigilar que no se seque la muestra más allá del estado saturado superficialmente seco, el que se obtiene cuando se cumple la prueba del cono:

- Se colocó el agregado hasta rebalsar el cono metálico, y se le da unos cuantos golpes con apisonador.
 - Se realizó esta operación 3 veces, debiendo sumar 25 el número de golpes en las tres veces que se apisona la muestra. Se vuelve a rebalsar, se enrasa y se retira el cono:
 - a. Si se queda con forma tronco-cónica, tiene más humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
 - b. Si se queda con forma cónica terminada en punta sin desmoronarse, tiene la humedad correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
 - c. Si se desmorona, tiene menos humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
5. Al tener un material en estado saturado superficialmente seco, se pesa 500 g. De material y se colocan en el picnómetro.
 6. Se llena el picnómetro hasta un nivel aproximado a los 500 ml y con la bomba de vacíos e le quitan los vacíos que tenga el material hasta que se eliminen las burbujas de aire.
 7. Se añadió agua hasta el nivel de 500 ml y se anota su peso.

8. Seguidamente se saca el agregado fino del picnómetro y se pone a secar al horno a 100 °C hasta un peso constante y se anota el peso final.

3.6.7. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

EQUIPOS UTILIZADOS

- Balanza - Cesta metálica.
- Balde y horno.

PROCEDIMIENTO

1. Una vez obtenido una muestra representativa de acuerdo a la norma, la muestra es reducida de acuerdo a la norma; bajo el proceso del método B cuarteo manual.
2. Según la tabla que se muestra en la norma, se determinó la cantidad mínima de la muestra de cuerdo al tamaño máximo nominal del agregado, donde la cantidad mínima del agregado es de 3kg.
3. Seguidamente se lavó la muestra y se secó en horno a 110 °C hasta peso constante, seguidamente se puso a enfriar a temperatura ambiente y se sumerge en un depósito con agua por 24 horas para su saturación.
4. Al pasar las 24 horas de saturación, se vació el agua, y se le quito la humedad con una tela haciéndola rodar sobre un paño hasta conseguir que toda su superficie quede sin agua, pero no seca, sino superficialmente seca.

5. Se anotó el peso de material en estado saturado superficialmente, con aproximación de 0.5 g.
6. Seguidamente se colocó la muestra pesada en la canastilla de alambre, seguidamente se determinó el peso de la muestra sumergida completamente dentro del balde, conectando la canastilla a la balanza.
7. Seguidamente se puso a secar la muestra en horno a 110°C hasta peso constante, se enfría a temperatura ambiente por 1 a 3 horas y se anotó el peso.

3.6.8. PESO UNITARIO DEL SUELTO (NTP 400. 017)

Método para determinar el peso unitario suelto del agregado

EQUIPOS UTILIZADOS

- Balanza, sensible al 0.1 % del peso de la muestra.
- Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido.
- Varilla de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud.
- Horno, capaz de mantener la temperatura de 110°C.

PROCEDIMIENTO

- ***Procedimiento con pala***
 1. Primeramente se anota el peso y volumen del molde.

2. Se vertió el material en el mismo, cuidando que la altura de caída no sea mayor de 5 cm sobre el borde superior del molde, hasta colmarlo.
3. Se enrasa el material a nivel del borde superior del molde, con la ayuda de la varilla.
4. Se anota el peso del molde más el material.

Método para determinar el peso unitario compactado del agregado.

EQUIPOS UTILIZADOS

- Balanza, sensible al 0.1 % del peso de la muestra.
- Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido.
- Horno, capaz de mantener la temperatura de 110°C.

PROCEDIMIENTO

1. Se anota el peso y volumen del molde.
2. Se vierte el material en el mismo, con ayuda de un cucharón, hasta la tercera parte de la altura del recipiente, cuidando que la altura no sea mayor a 5 cm sobre el borde superior del molde, y se dan 25 golpes con la varilla para compactar el material, sin que la varilla toque el fondo del recipiente.
3. Se repitió esta operación en otras dos capas, cuidando que en cada capa la varilla al golpear no pase a la capa inferior.
4. Se agrega material hasta que rebalse el molde.

5. Se enrasa el material al nivel del borde superior del molde, con la ayuda de la varilla. Finalmente se pesa el molde más el material.

3.6.9. EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)

EQUIPOS UTILIZADOS

- 3 Cilindro graduados, de acrílico transparente tapón de goma de diámetro interior 31,75 mm y altura 431,8 mm.
- Tapón macizo de caucho o goma, que ajuste en el cilindro graduado.
- Tamiz N° 4 (4.75mm) de acuerdo a la especificación.
- Tubo irrigador, de acero inoxidable.
- Agitador, Cronómetro
- Recipiente metálico de diámetro 57mm, aproximadamente, con una capacidad de 85 ± 5 ml
- Embudo, de boca ancha de 100 mm (4") de diámetro.

PROCEDIMIENTO

1. La muestra se obtiene de acuerdo al ensayo D 75.
2. Seguidamente se realizó el método del cuarteo manual, hasta obtener aproximadamente 1500g del material que pasó el tamiz N° 4.
3. El material retenido en el tamiz N° 4 se le realizó un proceso de frotación ente las manos sobre recipiente plano

4. Se humedeció el material para evitar segregación y pérdida de finos.
5. Se vertió la solución de cloruro de calcio en el cilindro de plástico graduado, con la ayuda del sifón, hasta una altura de $101,6 \pm 2.54$
6. Con el embudo, se vertió la muestra de ensayo en el cilindro graduado, al momento que la muestra se encuentre en el cilindro se golpe varias veces el fondo del cilindro con la palma de la mano para liberar las burbujas aire, se deja en reposo 10 ± 1 minuto.
7. Al finalizar los 10min, se tapó el cilindro con un tapón, para seguidamente agitarlo durante un periodo de 90 ciclos.
8. Seguidamente se coloca verticalmente el cilindro graduado, donde se coloca el tubo irrigador aplicando suavemente una acción de presión y giro mientras que la solución de trabajo fluye por la boca el irrigador.
9. Se continuó aplicando acción de presión y giros mientras se observaba que se levantaban los fino, la solución deberá estar a una altura de 381mm. Al observar la solución a una altura de 381 mm se deja en reposo por $20\text{min} \pm 15$.
10. Al finalizar los 20 minutos del periodo de sedimentación, se realizó la lectura de la parte superior de la suspensión arcillosa.

11. Seguidamente se introdujo el conjunto del disco, la varilla y el sobrepeso, se bajó hasta que llegue sobre la arena, y se hace lectura de la arena.

3.6.10. CURADO DE ESPECÍMENES (NTP 339.033)

EQUIPOS UTILIZADOS

Elaboración del concreto fresco con agregado clasificado.

- Moldes de cilindro: los moldes de cilindro serán de acero, fierro fundido u otro material no absorbente el cual no reaccione con el concreto de cemento portland u otros cementos hidráulicos, con dimensiones de 15cm*30 cm según las condiciones de uso.
- Varilla compactadora: de ver ser una varilla de acero liso con punta semiesférica con dimensión de Ø 16mm (5/8") * 500mm+ 100mm y nos sirve para el proceso de chuseo.
- Coba de goma: con peso de 600 g + 200 g.
- Pala: con capacidad suficiente para remover el concreto
- Plancha de albañil: nos sirve para poder dar el acabado al concreto fresco al momento de moldear.
- Bandejas metálicas: equipo para muestreo y mezclado del concreto.
- Balanza: con precisión al 0.05 g de legibilidad.
- Baldes de 18 lt: con capacidad suficiente para el almacenamiento de agregados.

- Cinta métrica: herramienta para la medición del proceso de slump.
- Cono de Abrams. Es el equipo que nos sirve para el asentamiento y está regida por la norma siguiente NTP 339.033.
- Mezcladora de Concreto: de 9 pies/m³ o 4 pies/m³ según la cantidad de muestras.

PROCEDIMIENTO

Al obtener los resultados del laboratorio y realizar el diseño de mezclas por el método así 211.1 y tener las proporciones en peso de los materiales agregado grueso agregado fino cemento y agua, se almacena en baldes, y se procedió a fabricar concreto.

1. Se procedió a ingresar los materiales a la mezcladora, tomando el criterio de la norma, primero el agregado grueso con algo de agua contando unos 90 segundos hasta observar la mezcla, y después se ingresó el agregado fino cemento y agua restante entre 3-5 minutos.
2. Se procedió a medir el asentamiento de la mezcla con el equipo. Cono de Abrams obteniendo un slump de 3".
3. Una vez realizado el paso anterior se procede a vaciar el concreto en una bandeja metálica, y se ingresa a los moldes cilíndricos con el criterio siguiente.

- Colocar los moldes en una superficie nivelada, libre de vibraciones, y evitando la exposición directa al sol.
 - Los moldes deben estar limpios y cubiertos con petróleo u otro insumo similar.
 - se humedece todos los materiales.
4. Se procedió a llenar y compactar simultáneamente en todos los moldes en tres capas, evitando la segregación utilizando un cucharón pequeño, donde el número de golpes es de acuerdo a la tabla 12 siguiente.
 5. Se procedió enrasar la superficie para luego identificar las muestras, evitando la evaporación del curado inicial.

Tabla 28. Márgenes elaboración de Concreto

| TIPO DE ESPÉCIMEN Y TAMAÑO | NUMERO DE CAPAS DE IGUAL ALTURA | NUMERO DE GOLPES POR CAPA |
|----------------------------|---|---------------------------|
| Cilindros diámetro (mm) | | |
| 100 | 2 | 25 |
| 150 | 3 | 25 |
| 225 | 4 | 30 |
| Vigas ancho (mm) | | |
| 150 a 200 | 2 | |
| > 200 | 3 o más igual altura, sin exceder 150mm | |

Fuente: (Norma Técnica Peruana, HORMIGÓN(CONCRETO), Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo (339.033), 2009, pág. 10).

3.6.11. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034)

PROBETAS

Las probetas no serán ensayadas si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más de 2%. Antes del ensayo, ninguna base

de las probetas de ensayo se apartará de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° . El diámetro usado para el cálculo del área de la sección recta de la probeta de ensayo será determinado con aproximación de 0.25 por el promedio de 2 diámetros medidos en ángulo recto uno del otro y cerca a la altura media de la probeta (Norma Técnica Peruana, HORMIGON (CONCRETO), págs. 10 , 11) , Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas (339.034).

PROCEDIMIENTO

1. Los ensayos a compresión de probetas del curado húmedo serán hechos tan pronto como sea práctico luego de retirarlos del almacenaje de humedad, de acuerdo a los días de rotura, ya sea a los 7, 14 ó 28 días.
2. Los cilindros serán protegidos de pérdida de humedad por cualquier método conveniente durante el periodo entre el retiro del almacenaje de humedad y el ensayo.
3. Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturas dentro del tiempo permisible de tolerancia prescrita como sigue:

Tabla 29. % Tolerancia en Ensayo a la Compresión

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

Fuente: (Norma Técnica peruana, HORMIGON (CONCRETO), págs. 10,11)

COLOCACIÓN: Colocar el bloque de rotura interior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rotura del cabezal. (Norma técnica peruana, HORMIGON (CONCRETO), pág. 11).

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

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, las cuales son analizadas en sus características físicas y mecánicas para el presente proyecto de tesis.

i. Ubicación Política

Región : Pasco

Provincia : Pasco

Distrito : Vicco

Lugar : Cochamarca

ii. Ubicación Geográfica

Tabla 30. 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.

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 31. Contenido de Humedad de Agregado Fino
Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

| M1 | M2 | M3 | PROM. |
|-------|-------|-------|-------|
| 1.02% | 0.94% | 0.94% | 0.97% |

Tabla 32. 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 máximo = ---- |
| Nº 8 | 2.380 | 166.90 | 16.7 | 24.64 | 75.36 | Tamaño Máximo 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 33. 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 máximo = 1/2" |
| 3 / 4" | 19.050 | 0.00 | 0.0 | 0.00 | 100.00 | Tamaño Máximo Nominal = 1/2" |
| 1 / 2" | 12.700 | 1172.00 | 46.9 | 46.88 | 53.12 | Módulo 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 34. Granulometría Agregado Grueso.
Fuente: Laboratorio de E.F.P. Ingeniería Civil – UNDAC.

○ PESO UNITARIO SUELTO

Tabla 35. P.U.S – Agregado Grueso

| M - 1 | M - 2 | M - 3 | PROMEDIO |
|-------|-------|-------|----------|
| 1.390 | 1.380 | 1.373 | 1.381 |

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

Tabla 36. 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 37. 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 38. 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 39. P.E.N – Agregado Fino

| M-1 | M-2 | M-3 | PROMEDIO |
|-------|-------|-------|----------|
| 2.653 | 2.636 | 2.661 | 2.65 |

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

Tabla 40. 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 41. 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 42. 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 43. Propiedades de Materiales

| PROPIEDADES DE MATERIALES | | | | |
|---------------------------|---------------|------------|---------------|-------------|
| CEMENTO | Tipo I Andino | | P. Especifico | 3.11 gr/cm3 |
| AGUA | Potable | | P. Especifico | 1 gr/cm3 |
| PROPIEDAD | AG. FINO | AG. GRUESO | | |
| P.E. masa | 2.65 | 2.6 | | g/cm3 |
| %Absorción | 2.67 | 1.33 | | % |
| %Contenido de Humedad | 3.35 | 0.97 | | % |
| TMN | | 1/2 | | pulgada |
| T.M. | | 1/2 | | 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 44. 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 | 2.25 | 2.15 | 23.43 | lt/bls |

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

Tabla 45. Relación de Diseño por tanda de saco

| CEMENTO | AGR. FINO | AGR. GRUESO | AGUA |
|---------|-----------|-------------|---------|
| 42.5 | 95.58 | 91.43 | 23.43 |
| kg/saco | kg/saco | kg/saco | lt/saco |

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

Tabla 46. Relación de Diseño para el vaciado de 6 probetas

| | |
|--------------------|--------|
| Cemento | 15.380 |
| Agua | 8.479 |
| Agr. Fino | 34.590 |
| Agr. Grueso | 33.087 |

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

4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Tabla 47. Resistencia a la Compresión de probetas.

| T °C | N° DE CILINDRO | EDAD (días) | RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2) | PROMEDIO | |
|---------|----------------|-------------|-------------------------------|----------|--------|
| 4 °C | 1A | 7 | 203.59 | 202.36 | |
| | 2A | 7 | 203.15 | | |
| | 3A | 7 | 200.32 | | |
| | 4 °C | 4A | 14 | 265.81 | 268.27 |
| | | 5A | 14 | 266.87 | |
| | | 6A | 14 | 272.13 | |
| | | 7A | 28 | 279.55 | 279.17 |
| | | 8A | 28 | 280.11 | |
| | | 9A | 28 | 277.85 | |
| 15.5 °C | 1B | 7 | 270.12 | 268.42 | |
| | 2B | 7 | 266.92 | | |
| | 3B | 7 | 268.23 | | |
| | 15.5 °C | 4B | 14 | 290.42 | 290.12 |
| | | 5B | 14 | 291.05 | |
| | | 6B | 14 | 288.90 | |
| | | 7B | 28 | 307.69 | 306.43 |
| | | 8B | 28 | 308.80 | |
| | | 9B | 28 | 302.79 | |
| 30 °C | 1C | 7 | 293.17 | 294.48 | |
| | 2C | 7 | 292.05 | | |
| | 3C | 7 | 298.22 | | |
| | 30 °C | 4C | 14 | 320.73 | 321.23 |
| | | 5C | 14 | 322.76 | |
| | | 6C | 14 | 320.18 | |
| | | 7C | 28 | 335.61 | 332.29 |
| | | 8C | 28 | 329.55 | |
| | | 9C | 28 | 331.70 | |
| 60 °C | 1D | 7 | 278.65 | 278.40 | |
| | 2D | 7 | 275.30 | | |
| | 3D | 7 | 281.24 | | |
| | 60 °C | 4D | 14 | 293.18 | 294.11 |
| | | 5D | 14 | 296.52 | |
| | | 6D | 14 | 292.63 | |
| | | 7D | 28 | 355.71 | 357.48 |
| | | 8D | 28 | 357.11 | |
| | | 9D | 28 | 359.62 | |
| 80 °C | 1E | 7 | 218.34 | 222.70 | |
| | 2E | 7 | 219.46 | | |
| | 3E | 7 | 230.32 | | |
| | 80 °C | 4E | 14 | 238.07 | 238.76 |
| | | 5E | 14 | 240.68 | |
| | | 6E | 14 | 237.52 | |
| | | 7E | 28 | 259.66 | 258.89 |
| | | 8E | 28 | 257.91 | |
| | | 9E | 28 | 259.10 | |

Fuente: Propio.

Tabla 48. Resistencia a la compresión vs temperatura del agua

| EDAD (días) | 4 °C | 15.5 °C | 30 °C | 60 °C | 80 °C |
|-------------|--------|---------|--------|--------|--------|
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 202.36 | 268.42 | 294.48 | 278.40 | 222.70 |
| 14 | 268.27 | 290.12 | 321.23 | 294.11 | 238.76 |
| 28 | 279.17 | 306.43 | 332.29 | 357.48 | 258.89 |

Fuente: Propio.

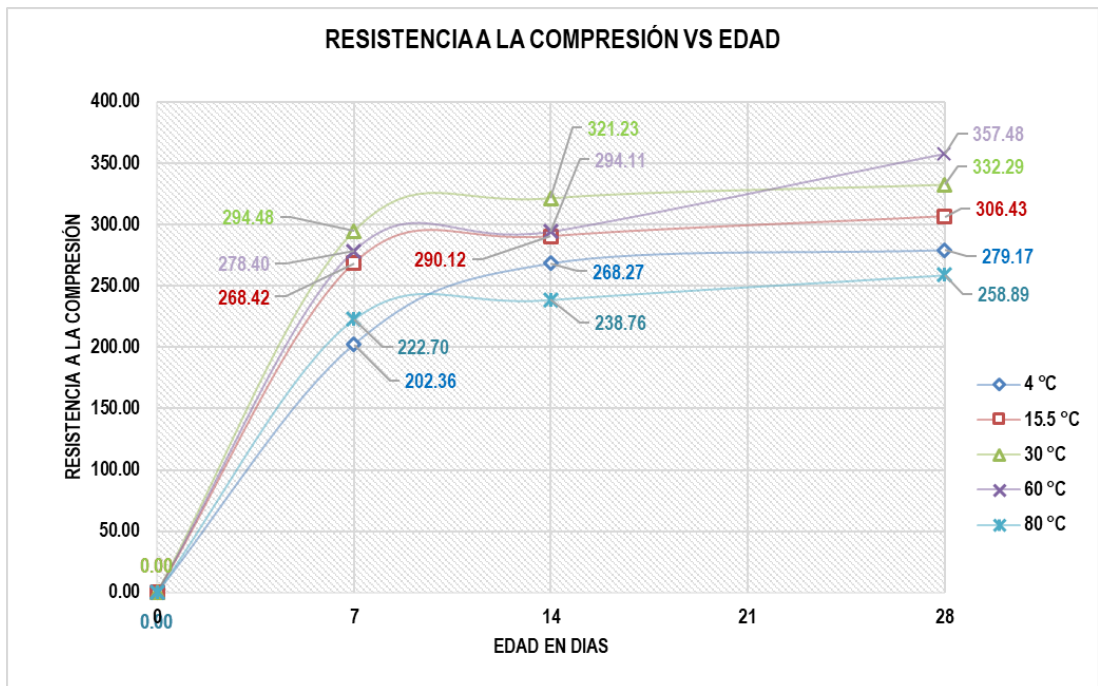


Gráfico 1. Resistencia a la compresión vs temperatura del agua
Fuente: Propio.

4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.3.1. HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.

La evaluación de la influencia de la temperatura del agua en la resistencia a la compresión en elementos estructurales, optimiza la resistencia.

4.3.2. PRUEBA DEL HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.

Mediante el análisis se evidencia la influencia que se presenta de la temperatura del agua en el desarrollo e evolución de la resistencia a la compresión del concreto.

Por lo detallado y desarrollado en la presente se da validez a la hipótesis el cual es evidenciado con el Grafico 2 y la Tabla 50.

Tabla 49. Resistencia a la Compresión Promedio

| TEMPERATURA | RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm ² | |
|-------------|--|--------------------|
| 4 °C | 279.17 | kg/cm ² |
| 15.5 °C | 306.43 | kg/cm ² |
| 30 °C | 332.29 | kg/cm ² |
| 60 °C | 357.48 | kg/cm ² |
| 80 °C | 258.89 | kg/cm ² |

Fuente: Propio.

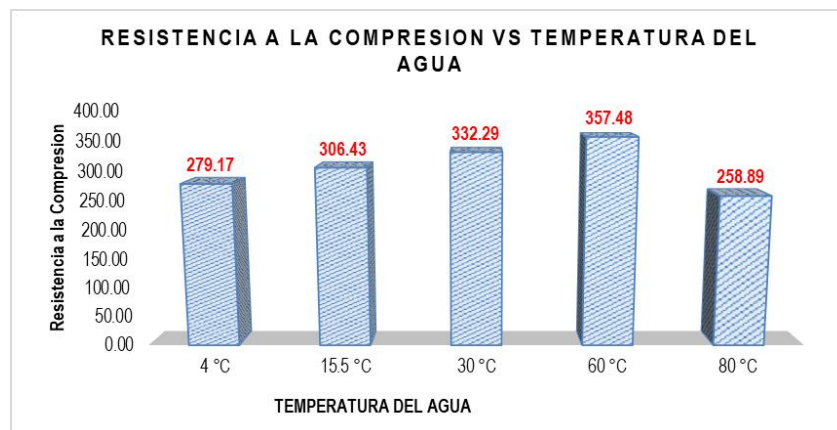


Gráfico 2. Resistencia a la Compresión Promedio

Fuente: Propio.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla 50. Resistencia a la Compresión vs Temperatura del agua 4°C

| T °C | N° DE CILINDRO | EDAD (días) | AREA cm | CARGA (Kg-f) | RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm ²) | % DE RESISTENCIA OBTENIDA | PROMEDIO |
|------|----------------|-------------|---------|--------------|--|---------------------------|----------|
| 4 °C | 1A | 7 | 174.4 | 35500 | 203.59 | 96.95% | 202.36 |
| | 2A | 7 | 176.7 | 35900 | 203.15 | 96.74% | |
| | 3A | 7 | 176.7 | 35400 | 200.32 | 95.39% | |
| | 4A | 14 | 179.1 | 47600 | 265.81 | 126.57% | 268.27 |
| | 5A | 14 | 176.7 | 47160 | 266.87 | 127.08% | |
| | 6A | 14 | 174.4 | 47450 | 272.13 | 129.59% | |
| | 7A | 28 | 176.7 | 49400 | 279.55 | 133.12% | 279.17 |
| | 8A | 28 | 183.9 | 51500 | 280.11 | 133.39% | |
| | 9A | 28 | 176.7 | 49100 | 277.85 | 132.31% | |

Fuente: Propio

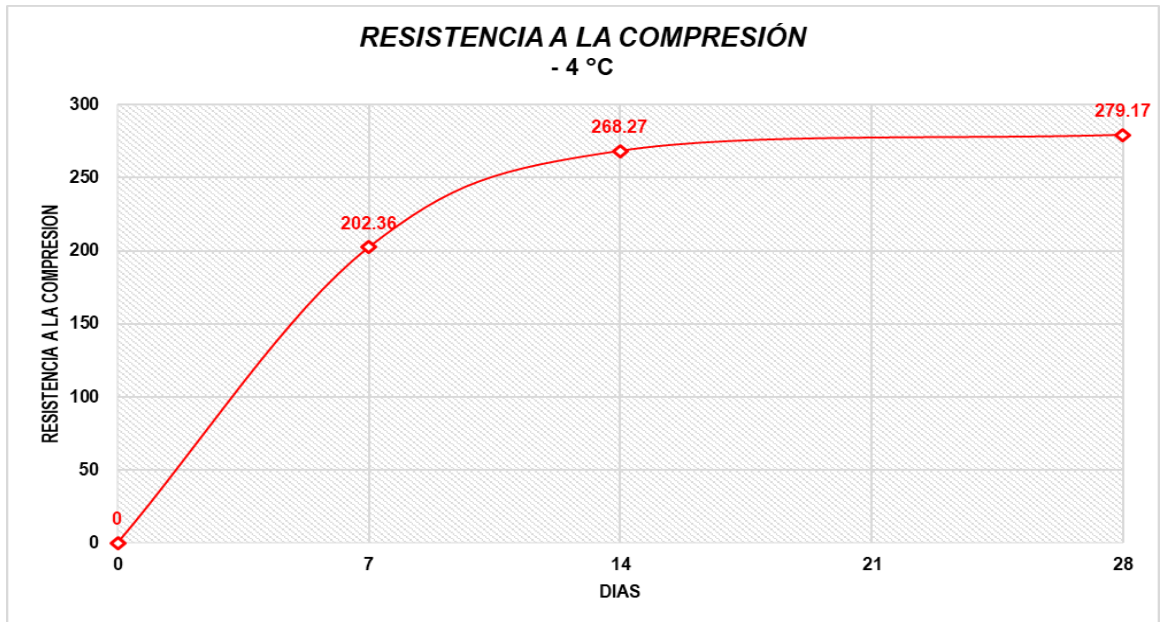


Gráfico 3. Resistencia a la Compresión vs Edad – 4 °C
Fuente: Propio.

Tabla 51. Resistencia a la Compresión vs Temperatura del agua 15.5°C

| T °C | N° DE CILINDRO | EDAD (días) | AREA cm | CARGA (Kg-f) | RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2) | % DE RESISTENCIA OBTENIDA | PROMEDIO |
|---------|----------------|-------------|---------|--------------|-------------------------------|---------------------------|----------|
| 15.5 °C | 1B | 7 | 174.4 | 47100 | 270.12 | 128.63% | 268.42 |
| | 2B | 7 | 179.1 | 47800 | 266.92 | 127.11% | |
| | 3B | 7 | 176.7 | 47400 | 268.23 | 127.73% | |
| | 4B | 14 | 181.5 | 52700 | 290.42 | 138.30% | 290.12 |
| | 5B | 14 | 162.9 | 47400 | 291.05 | 138.59% | |
| | 6B | 14 | 172.0 | 49700 | 288.90 | 137.57% | |
| | 7B | 28 | 179.1 | 55100 | 307.69 | 146.52% | 306.43 |
| | 8B | 28 | 179.1 | 55300 | 308.80 | 147.05% | |
| | 9B | 28 | 186.3 | 56400 | 302.79 | 144.19% | |

Fuente: Propio.

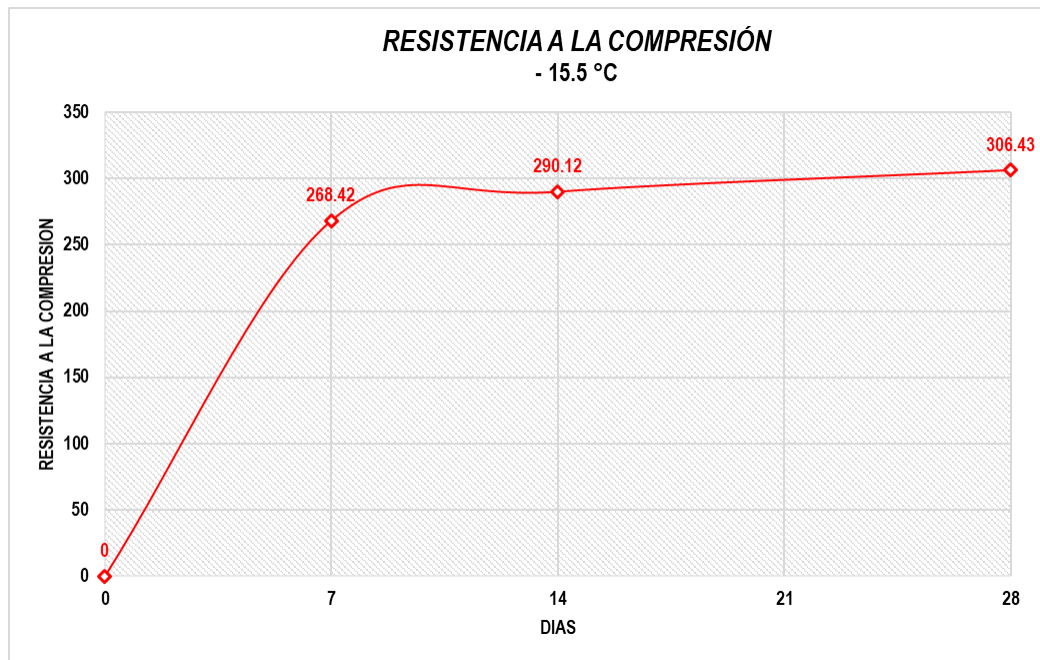


Gráfico 4. Resistencia a la Compresión vs Edad – 15.5 °C
Fuente: Propio.

Tabla 52. Resistencia a la Compresión vs Temperatura del agua 30°C

| T °C | N° DE CILINDRO | EDAD (días) | AREA cm | CARGA (Kg-f) | RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm ²) | % DE RESISTENCIA OBTENIDA | PROMEDIO |
|-------|----------------|-------------|---------|--------------|--|---------------------------|----------|
| 30 °C | 1C | 7 | 179.1 | 52500 | 293.17 | 139.60% | 294.48 |
| | 2C | 7 | 179.1 | 52300 | 292.05 | 139.07% | |
| | 3C | 7 | 176.7 | 52700 | 298.22 | 142.01% | |
| | 4C | 14 | 181.5 | 58200 | 320.73 | 152.73% | 321.23 |
| | 5C | 14 | 179.1 | 57800 | 322.76 | 153.70% | |
| | 6C | 14 | 181.5 | 58100 | 320.18 | 152.47% | |
| | 7C | 28 | 179.1 | 60100 | 335.61 | 159.81% | 332.29 |
| | 8C | 28 | 181.5 | 59800 | 329.55 | 156.93% | |
| | 9C | 28 | 179.1 | 59400 | 331.70 | 157.95% | |

Fuente: Propio.

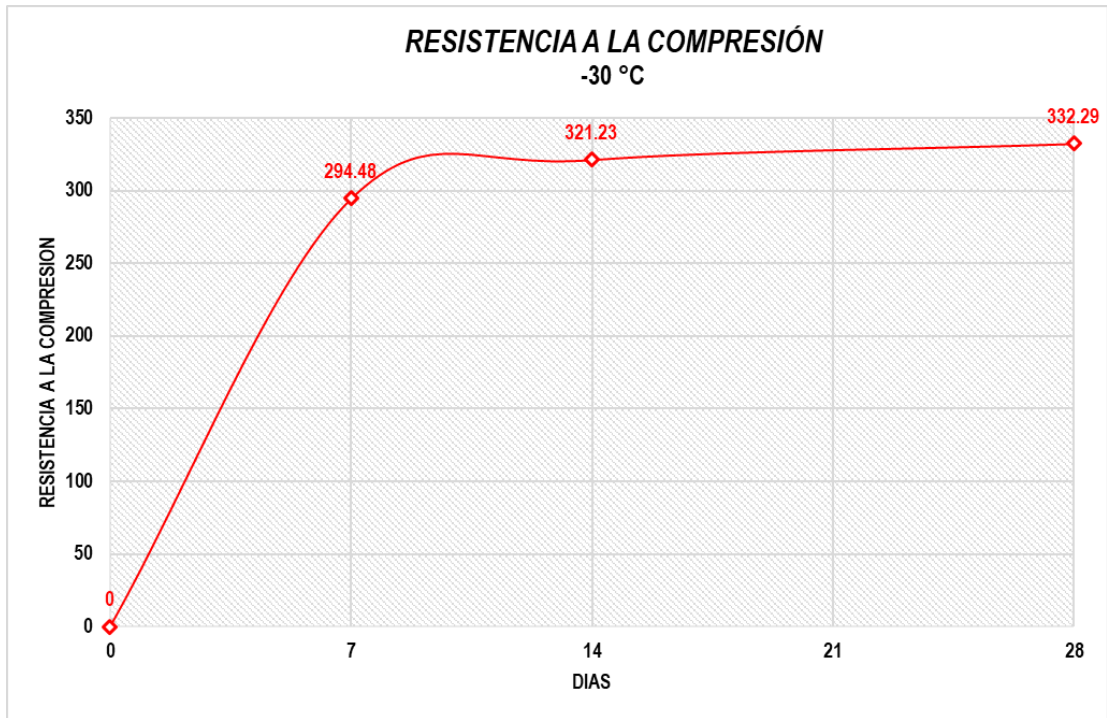


Gráfico 5. Resistencia a la Compresión vs Edad – 30 °C
Fuente: Propio.

Tabla 53. Resistencia a la Compresión vs Temperatura del agua 60°C

| T °C | N° DE CILINDRO | EDAD (días) | AREA cm | CARGA (Kg-f) | RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2) | % DE RESISTENCIA OBTENIDA | PROMEDIO |
|-------|----------------|-------------|---------|--------------|-------------------------------|---------------------------|----------|
| 60 °C | 1D | 7 | 179.1 | 49900 | 278.65 | 132.69% | 278.40 |
| | 2D | 7 | 179.1 | 49300 | 275.30 | 131.09% | |
| | 3D | 7 | 176.7 | 49700 | 281.24 | 133.93% | |
| | 4D | 14 | 181.5 | 53200 | 293.18 | 139.61% | 294.11 |
| | 5D | 14 | 179.1 | 53100 | 296.52 | 141.20% | |
| | 6D | 14 | 181.5 | 53100 | 292.63 | 139.35% | |
| | 7D | 28 | 179.1 | 63700 | 355.71 | 169.39% | 357.48 |
| | 8D | 28 | 181.5 | 64800 | 357.11 | 170.05% | |
| | 9D | 28 | 179.1 | 64400 | 359.62 | 171.25% | |

Fuente: Propio

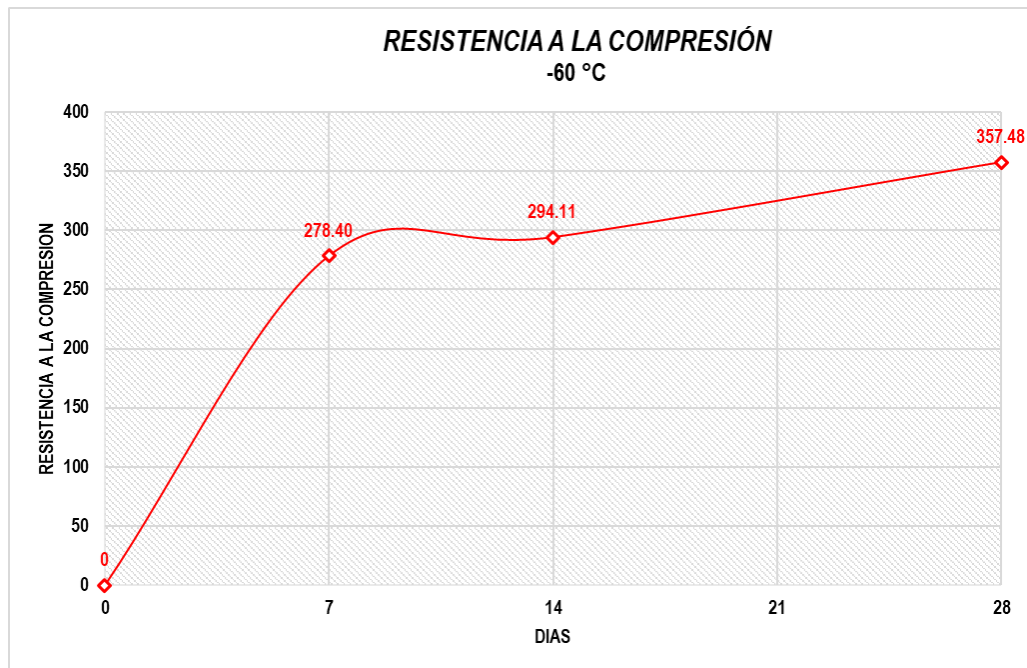


Gráfico 6. Resistencia a la Compresión vs Edad – 60 °C
Fuente: Propio.

Tabla 54. Resistencia a la Compresión vs Temperatura del agua 80°C

| T °C | N° DE CILINDRO | EDAD (días) | AREA cm | CARGA (Kg-f) | RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm ²) | % DE RESISTENCIA OBTENIDA | PROMEDIO |
|-------|----------------|-------------|---------|--------------|--|---------------------------|----------|
| 80 °C | 1E | 7 | 179.1 | 39100 | 218.34 | 103.97% | 222.70 |
| | 2E | 7 | 179.1 | 39300 | 219.46 | 104.50% | |
| | 3E | 7 | 176.7 | 40700 | 230.32 | 109.67% | |
| | 4E | 14 | 181.5 | 43200 | 238.07 | 113.37% | 238.76 |
| | 5E | 14 | 179.1 | 43100 | 240.68 | 114.61% | |
| | 6E | 14 | 181.5 | 43100 | 237.52 | 113.10% | |
| | 7E | 28 | 179.1 | 46500 | 259.66 | 123.65% | 258.89 |
| | 8E | 28 | 181.5 | 46800 | 257.91 | 122.81% | |
| | 9E | 28 | 179.1 | 46400 | 259.10 | 123.38% | |

Fuente: Propio.

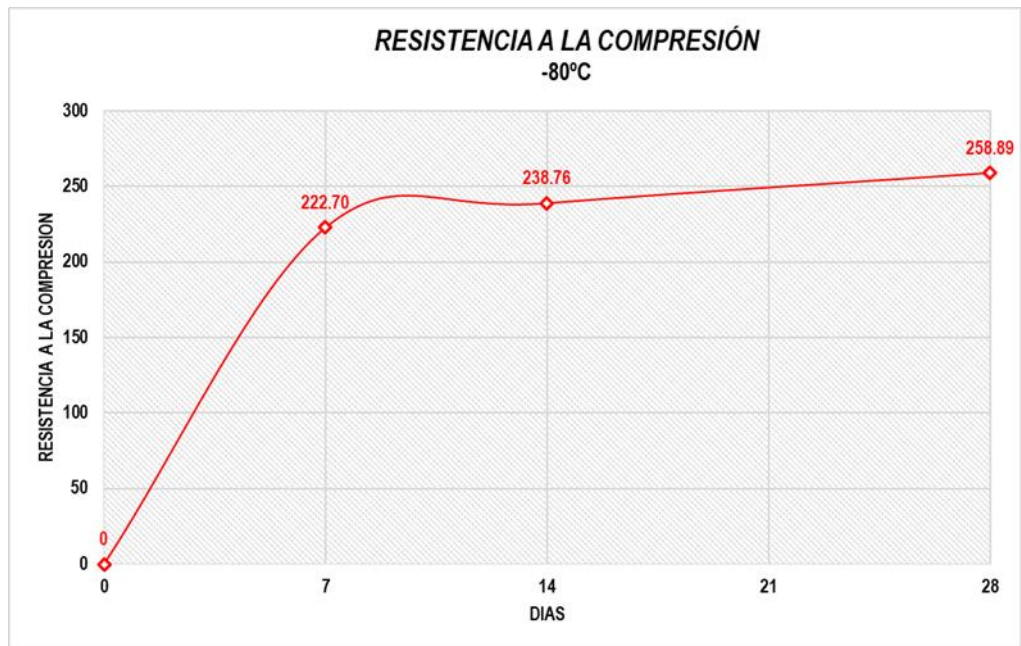


Gráfico 7. Resistencia a la Compresión vs Edad – 80 °C
Fuente: Propio.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS

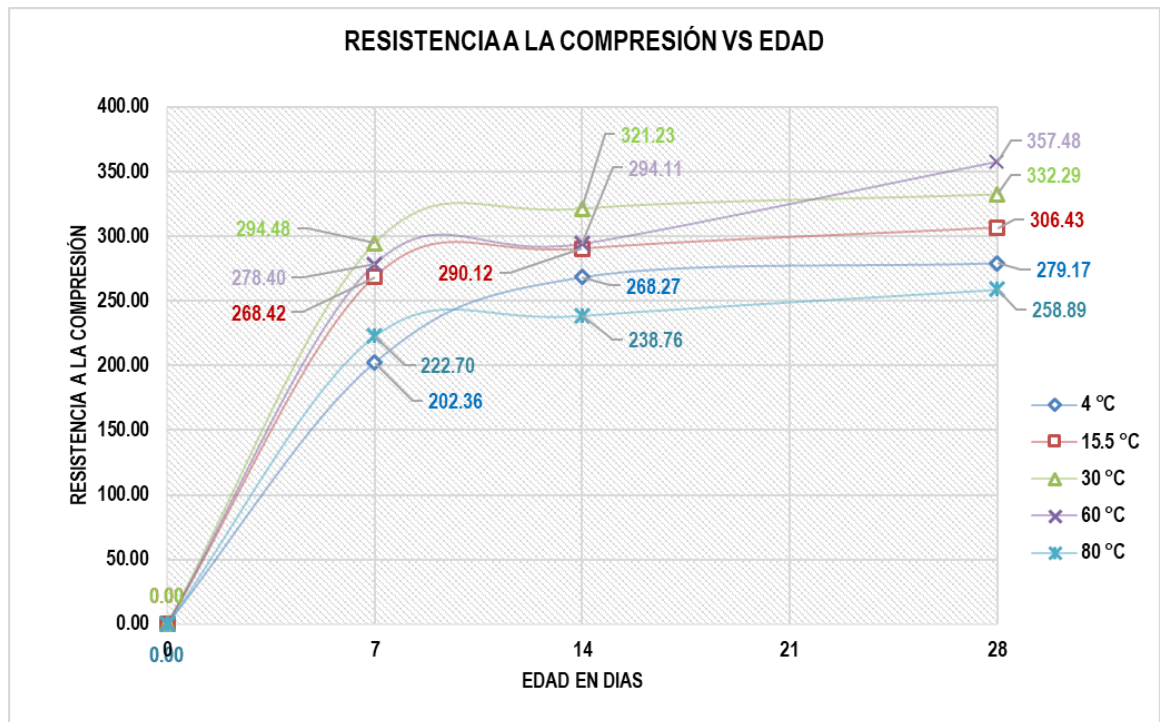


Gráfico 8. Resistencia a la compresión vs temperatura del agua
Fuente: Propio.

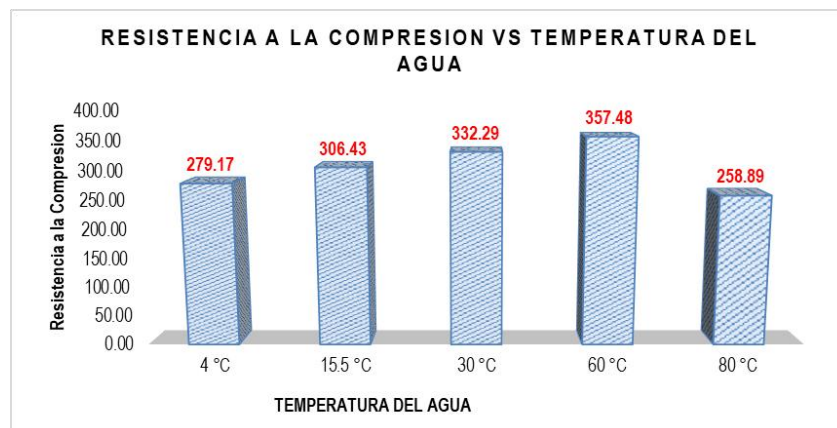


Gráfico 9. Resistencia a la Compresión Promedio (3)
Fuente: Propio.

En el gráfico 2 y tabla 49, se puede evidenciar la resistencia promedio que desarrolla el concreto en la diferente temperatura del agua: Para una temperatura de 4 °C desarrolla 279.17 kg/cm² , Para una

temperatura de 15.5 °C desarrolla 306.43 kg/cm² para una temperatura de 30 °C desarrolla 332.29 kg/cm² para una temperatura de 60 °C desarrolla 357.48 kg/cm² para una temperatura de 80 °C desarrolla 258.89 kg/cm².

CONCLUSIONES

- Los especímenes cuya mezcla son elaboradas con temperaturas mayores, las resistencias a la compresión en elementos estructurales van en aumento excepto al llegar al punto de ebullición donde decae la resistencia a la compresión.
 - Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con agua a la temperatura 4°C, a los 28 días alcanzó una resistencia a la compresión de 279.17 kg/cm².
 - Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con agua a la temperatura de 15.5°C, a los 28 días alcanzó una resistencia a la compresión de 306.43 kg/cm².
 - Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con agua a la temperatura de 30°C, a los 28 días alcanzó una resistencia a la compresión de 332.29 kg/cm².
 - Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con agua a la temperatura de 60°C, a los 28 días alcanzó una resistencia a la compresión de 357.48 kg/cm².
 - Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con agua a la temperatura de 80°C, a los 28 días alcanzó una resistencia a la compresión de 258.89 kg/cm².
 - Los resultados obtenidos, nos permiten decir con argumentos que la temperatura ideal del agua, para la preparación del concreto es de 60°C,

ya que con esta temperatura se alcanzó una mayor resistencia a la compresión igual a 357.48 kg/cm² a los 28 días.

RECOMENDACIONES

- 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 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*.

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 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete 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 – Peru.
- ACI Committee 209. (1992). Prediction of Creep, Shrinkage and Temperature Effects in Concrete Structures. American Concrete Institute.
- ACI committee 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.

ANEXO



Foto N° 01: Mezcladora usada para la preparación del concreto



Foto N° 02: Horno para el secado de muestra



Foto N° 03: Probetas estándar (diámetro de 15cm y altura de 30cm)



Foto N° 04: Muestra para medir el asentamiento del concreto.



Foto N° 05: Ensayo de concreto fresco - Slump



Foto N° 06: Preparación de las muestras para en ensayo de la resistencia a la compresión



Foto N° 07: Ensayo de la resistencia a la compresión