

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DEL AGUA EN LA RESISTENCIA A
LA COMPRESION DEL CONCRETO $F'_{C} = 210 \text{ KG/CM}^2$, UTILIZANDO
AGREGADOS DEL RIO CAJAMARQUINO”**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

HECTOR CASTRO SAAVEDRA

ASESOR:

ING. TITO CHILON CAMACHO

CAJAMARCA – PERU

2014

DEDICATORIA

AMIS PADRES QUE ESTAN EN EL CIELO

DIONICIO AREOPAJITA Y MARIA LODIA, quienes en vida, con la particularidad que los caracterizó, se esforzaron para darme la educación y guía por el buen sendero de la vida. Ahora que están en el cielo estoy seguro que me están guiando para hacer realidad lo que ellos anhelaron.

A MI ESPOSA E HIJOS, quienes con su entendimiento y comprensión, haciendo un considerable sacrificio, me apoyaron para hacer realidad este trabajo

A MIS HERMANOS, quienes me apoyaron moralmente para concretizar este trabajo.

AGRADECIMIENTO

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, por haberme brindado los conocimientos necesarios para poder desempeñarse como un profesional al servicio de la comunidad Cajamarquina y Peruana.

A MIS ASESORES

Ing. TITO CHILON CAMACHO, asesor técnico y en especial al **Mc. Ing. WILFREDO RENAN FERNANDEZ MUÑOZ**, asesor metodológico, por haberme apoyado de una manera desinteresada con su laboratorio completo y el respectivo asesoramiento, para llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

A todos los profesionales, docentes y compañeros de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, que de alguna u otra manera aportaron con su conocimiento y experiencia para realizar este trabajo

INDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla 1. Temperatura de colocación del concreto fresco.....	05
Tabla 2. Temperaturas mínimas a mantener el concreto, durante el periodo de protección	06
Tabla 3. Temperatura y tiempo de fraguado aproximado.....	12
Tabla 4. Contenido de cemento por metro cubico de hormigón vs. relación agua/cemento	21
Tabla 5. Variación de la temperatura del hormigón, en función de la temperatura del agua.....	22
Tabla 6. Variación de la temperatura del hormigón, en función de la temperatura de los áridos	22
Tabla 7. Variación de la temperatura del hormigón, en función de la temperatura del cemento.....	22
Tabla 8. Temperatura propia del hormigón, en función de la temperatura de sus componentes y valores de referencia	23
Tabla 9. Valor máximo permisible de las sustancias existentes en el agua	35
Tabla 10. Límites máximos permisibles de sustancias existentes en el agua ..	35
Tabla 11. Límites permisibles de granulometría, según el A.S.T.M	38
Tabla 12. Requisitos granulométricos del agregado grueso.....	41
Tabla 13. Gradaciones de muestras de ensayo	49
Tabla 14. Carga abrasiva	49
Tabla 15. Porcentaje de variación de los compuestos de cemento.....	52
Tabla 16. Calor de hidratación para cada tipo de cemento portland	55

Tabla 17. Clases de mezcla según su asentamiento	63
Tabla 18. Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción....	73
Tabla 19. Consistencia de la mezcla de concreto Vs. Asentamiento	74
Tabla 20. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregado	76
Tabla 21. Relación agua-cemento y resistencia a la compresión del concreto	77
Tabla 22. Máximas relaciones agua-cemento permisible para concretos sometidos a exposición severa.....	78
Tabla 23. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto .	80
Tabla 24. Primera estimación del peso de concreto fresco	82
Tabla 25. Coordenadas de ubicación de la planta de chancado Roca Fuerte y de la cantera del rio Cajamarquino	84
Tabla 26. Características físico-mecánicas de los agregados utilizados En la investigación.....	93
Tabla 27. Temperatura vs Resistencia a la compresión.....	95
Tabla 28. Temperatura del agua, resistencia promedio a la compresión, cantidad de agua utilizada en la mezcla.....	96
Tabla 29. Temperatura de agua, módulo de elasticidad y resistencia a la compresión de los especímenes a los 7 días... ..	97
Tabla 30. Temperatura de agua, módulo de elasticidad y resistencia a la compresión de los especímenes a los 14 días.....	98
Tabla 31. Temperatura de agua, módulo de elasticidad y resistencia a la compresión de los especímenes a los 21 días.....	100
Tabla 32. Temperatura de agua, módulo de elasticidad y resistencia a la compresión de los especímenes a los 28 días	101

INDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Efecto de la temperatura del concreto, del aire y la velocidad del viento en la humedad superficial del concreto	12
Figura 2. Efecto del agua de mezcla fría en la temperatura del concreto	15
Figura 3. Curva típica de Esfuerzo- Deformación unitaria del concreto	88
Figura 4. Modulo de elasticidad de los especímenes a los 7 días de elaborados y diferentes temperaturas de agua	97
Figura 5. Resistencia a la compresión de especímenes a los 7 días de elaborados y a diferentes temperaturas	98
Figura 6. Modulo de elasticidad de los especímenes a los 14 días de elaborados y diferentes temperaturas de agua	99
Figura 7. Resistencia a la compresión de especímenes a los 14 días de elaborados y a diferentes temperaturas	99
Figura 8. Modulo de elasticidad de los especímenes a los 21 días de elaborados y diferentes temperaturas de agua	100
Figura 9. Resistencia a la compresión de especímenes a los 21 días de elaborados y a diferentes temperaturas	101
Figura 10. Modulo de elasticidad de los especímenes a los 28 días de elaborados y diferentes temperaturas de agua	102
Figura 11. Resistencia a la compresión de especímenes a los 28 días de elaborados y a diferentes temperaturas	102

INDICE

Contenido	Página
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	iv
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE CONTENIDO.....	vii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPITULO I. INTRODUCCION	01
CAPITULO II. MARCO TEORICO	04
2.1. Antecedentes internacionales	04
2.1.1. Romero y Angarita.....	04
2.1.2. El Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC).....	04
2.1.3. El comité ACI 305.....	11
2.1.4. Burón Maestro, M.....	15
2.1.5. Otros Artículos.....	28
2.2. Antecedentes Nacionales.....	29
2.2.1. Tapia Martínez, C.....	29
2.3. Antecedentes Locales	33
2.4. Bases Teóricas.....	33
2.4.1. El Agua.....	33
2.4.2. Agregados	37
2.4.3. Cemento.....	49
2.4.4. Concreto.....	57
A. Características	57
B. Materiales componentes del concreto.....	58
C. Tipos de concreto	59

D. Naturaleza del concreto	60
E. Propiedades del concreto	63
F. Factores que afectan la resistencia del concreto	65
G. Proporcionamiento de mezcla del concreto normal	69
2.5. Definición de variables	83
2.5.1. Variable independiente	83
2.5.2. Variable dependiente	83
2.6. Población	83
2.7. Muestra	83
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS	84
3.1. Materiales experimentales	84
3.2. Equipos y herramientas para la investigación	85
3.3. Procedimiento	85
3.3.1. Técnicas	85
3.3.2. Tipos de investigación	85
3.3.3. Pasos seguidos en la investigación	86
3.4. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados	88
A. Construcción de dispersogramas	89
B. Ajuste de curvas	89
C. Diagnóstico y análisis de curvas resultantes	89
D. Corrección de errores	91
E. Formulación de funciones y construcción de curvas de comportamiento	91
CAPITULO IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	93
4.1. Características físicas y mecánicas de los agregados	93
4.2. Propiedades del concreto	95
4.2.1. Resistencia a la compresión de los especímenes de concreto	95

4.2.2. Módulo de elasticidad y resistencia a la compresión de los especímenes de concreto	97
A. Módulo de elasticidad y resistencia a la compresión de los especímenes de concreto a los 7 días	97
B. Módulo de elasticidad y resistencia a la compresión de los especímenes de concreto a los 14 días	98
C. Módulo de elasticidad y resistencia a la compresión de los especímenes de concreto a los 21 días	100
D. Módulo de elasticidad y resistencia a la compresión de los especímenes de concreto a los 28 días	101
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
5.1. Conclusiones	103
5.2. Recomendaciones	103
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	105
ANEXOS	107
6.1. Calculo de las propiedades físicas del agregado fino	108
6.2. Calculo de las propiedades físicas del agregado	115
6.3. Diseño de mezcla por el método de combinación de agregados	120
6.3.1. Diseño de mezcla de concreto, con agua a 4°C de temperatura	120
6.3.2. Diseño de mezcla de concreto, con agua a 18.5°C de temperatura.....	122
6.3.3. Diseño de mezcla de concreto, con agua a 40°C de temperatura	124
6.3.4. Diseño de mezcla de concreto, con agua a 60°C de temperatura	126
6.3.5. Diseño de mezcla de concreto, con agua a 80°C de temperatura	128
6.4. Diagramas: Esfuerzo-Deformación unitaria de los especímenes de concreto, con temperaturas de agua en el mezclado de: 4°C, 18.5°C,	

40°C,60°C y 80°C, sometidos a la compresión a los 7,14,21 y 28 días	130
6.5. Plano de ubicación de la planta de chancado Roca Fuerte y la cantera del río Cajamarquino de donde se extrae el agregado	151
6.6. Fotografías de los trabajos en laboratorio	152

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.

Los resultados obtenidos, nos permiten decir con argumentos que la temperatura ideal para la preparación del concreto es de 60°C, ya que fueron muy favorables los resultados con la preparación de la misma.

Con esto podemos recalcar la variación de la resistencia que produce la temperatura del agua en el concreto, cambios que pueden servir de ayuda económica en el empleo de grandes obras, ya que podemos preparar un diseño de mezcla para un concreto de menor resistencia el cual abarataría los costos y obtener una mayor resistencia del mismo.

ABSTRACT

The main objective of this work of investigation was to determine the influence of the temperature of the water at the time of the preparation of the concrete one in the resistance of the same to the 28 days, with temperatures that go from 4°C to 80°C.

This work of investigation, was carried out in the laboratory of engineer Wilfredo Renán Fernández Muñoz, located in the urbanization the Educational ones, Apple H, Lot 3, with the authorization of the office of Academic Coordination of the Program of Professional Update of Engineer the Professional Academic School of 2014 of the National University of Cajamarca. In order to carry out, being realized this work of investigation it was realized between the months of August and November.

After a very careful preparation of the cylinders of concrete with waters to temperatures of 4°C, 18.5°C (environmental temperature), 40°C, 60°C and 80°C respectively, were placed by the times of 7, 14, 21 and 28 days in water for their cured process of, were put under compression and its behavior studied.

The obtained results, allow us to say with arguments that the ideal temperature for the preparation of the concrete one is of 60°C, since the results with the preparation of the same were very favorable.

With this we can stress the variation of the resistance that produces the temperature of the water in the concrete one, changes that can serve as financial aid in the work use great, since we can prepare a design of mixture for a concrete one of smaller resistance which it would lower the price of the costs and obtain a greater resistance of the same.

CAPITULO I. INTRODUCCION

El concreto material de construcción de considerable uso a nivel mundial, su calidad en obra depende del profundo conocimiento sobre este material, como de la calidad profesional del ingeniero y de las persona especialistas que lo utilizan.

Por lo general el concreto es desconocido por muchos sobre sus siete grandes aspectos: naturaleza, material, propiedades, relación de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad de inspección y mantenimiento de los elementos estructurales.

Las posibilidades del empleo del concreto en la construcción, son cada día mayores pudiendo en la actualidad ser utilizados por una amplia variedad de propósitos, la única limitación en sus múltiples aplicaciones, puede ser el desconocimiento por parte del ingeniero en todos los aspectos ya indicados, así como de la importancia relativa de los mismos de acuerdo al uso que se pretenda dar al material.

Los proyectos de construcción, sea cual fuere el país, o región, lugar y clima, presentan particularidades e inconvenientes dignos de alguna solución de ingeniería.

Para el caso que nos ocupa, las significativas gradientes térmicas (temperaturas variadas), generan trastornos en la mezcla del concreto fundamentalmente en sus consistencias y su consiguiente proceso de endurecimiento o fragua, hasta su resistencia a la compresión.

Por lo general siempre se tiene que realizar anticipadamente un adecuado análisis sobre las condiciones físicas y los diferentes componentes que se requieren para elaborar los diferentes concretos utilizados en las obras de construcción civil. Las condiciones y componentes a los que nos referimos, son las que inciden directamente en la calidad de los concretos como son: la temperatura ambiental, la temperatura del agua y de los agregados en el lugar donde se realiza los trabajos de construcción civil. En la región Cajamarca, a pesar que cuenta con un clima variado dependiendo de la estación del año, no se cuenta con información específica concerniente a las temperaturas

adecuadas que debe tener el agua para contrarrestar las temperaturas del medio ambiente y de los agregados y obtener un concreto con mejor resistencia a la compresión, por lo que siempre se tiene un deterioro rápido de los concretos utilizados en las diferentes construcciones.

El presente trabajo de investigación, fue para determinar, la temperatura óptima del agua a utilizar en la elaboración del concreto, para obtener la mejor resistencia a la compresión del mismo a los 28 días y de esta manera alargar la vida útil de las estructuras de concreto, trayendo como consecuencia un ahorro en las inversiones que se realizan en las diferentes construcciones de concreto.

El concreto de cemento portland es uno de los más usados y el más versátil de los materiales de construcción. Esta versatilidad permite su utilización en todo tipo de formas estructurales, así como en los climas más variados, en la práctica, las principales limitaciones del concreto están dadas no por material sino por quien debe utilizarlo

Ello constituye un permanente desafío para el ingeniero responsable de la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto. En la medida que sus conocimientos sobre el concreto sean mayores, mejores serán sus posibilidades de lograr aquello que se propone. Solo la actualización permanente permite obtener el máximo provecho del material. Este es un reto que los ingenieros estamos obligados a aceptar y vencer.

El objetivo general de esta investigación, fue determinar la influencia de la temperatura del agua utilizada al momento de la elaboración del concreto, en la resistencia a la compresión del mismo a los 28 días de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, utilizando agregados del rio cajamarquino, material que es seleccionado en la planta de chancado Roca Fuerte.

El presente trabajo se divide en cinco capítulos:

Capítulo I: Introducción, contiene el contexto y el problema, justificación e importancia de la investigación, alcances, objetivos, y la descripción de los contenidos de los capítulos.

Capítulo II: Marco teórico; describiendo los antecedentes teóricos, investigaciones que se hayan realizado anteriormente sobre el tema; conclusiones más importantes a las que hayan llegado. Bases teóricas o fundamentos que sirvan de base para la investigación. Definiciones de términos básicos, describiendo los términos que se han usado en este documento, enfatizando los términos que constituyen las variables que son motivo de evaluación y medición.

Capítulo III: Materiales y métodos; indicando la ubicación de donde se extrajo el agregado, así como dónde y periodo que se realizó el trabajo de investigación, se indica el procedimiento que se ha seguido en la realización de este trabajo de investigación, además del tratamiento y análisis de los datos y presentación de resultados, el tipo de análisis.

Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados, se refiere al análisis de los resultados obtenidos, resaltando las coincidencias o divergencias con las investigaciones anteriores y con los datos que están en la literatura

Capítulo V: Se indica las conclusiones y recomendaciones sobre los resultados obtenidos en la investigación y los que se tendrán en cuenta en el futuro.

Anexos: Al presente trabajo de investigación, se adjunta:

1. Cálculo de las propiedades físicas del agregado fino y grueso
2. Diseño de mezcla por el método de combinación de agregados con las diferentes temperaturas de agua: 4°C, 18.5°C (temperatura del medio ambiente), 40°C, 60°C y 80°C.
3. Diagramas: Esfuerzo-Deformación unitaria de los especímenes de concreto, con temperaturas de agua en el mezclado de: 4°C, 18.5°C, 40°C, 60°C y 80°C, sometidos a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días.
4. Plano de ubicación de la planta de chancado Roca Fuerte y la cantera del río Cajamarquino de donde se extrae el agregado.
5. Fotografías de los trabajos en laboratorio.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

2.1.1. Romero y Angarita (2012), en su trabajo de investigación: Influencias de la temperatura del agua en la resistencia de la compresión de cilindros de concreto RCC 250 kg/cm², llevado a cabo en el laboratorio de ingeniería civil de la universidad Nueva Esparta, donde se sometieron a la prueba de compresión cilindros de concreto a los 7, 14, 21 y 28 días estudiando luego su comportamiento. se obtuvo como resultado que la temperatura ideal para la preparación del concreto es de 40°C ya que fueron muy favorables los resultados con la preparación de la misma.

Con esto podemos recalcar la variación de la resistencia que produce la temperatura del agua en el concreto, cambios que se pueden servir para ayudar económica en el empleo de grandes obras, ya que podemos preparar un diseño de mezcla para un concreto de menor resistencia el cual abarataría los costos y obtener una mayor resistencia del mismo.

2.1.2. El Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC), en el capítulo 10, paginas 95 al 1041, nos da el siguiente alcance sobre concretos en temperaturas extremas:

A. Vaciado del concreto en tiempo frio.

A.1. Definición

Se define como tiempo frio al periodo en el cual la temperatura media diaria es menor a 5°C, durante más de tres días consecutivos.

A.2. Temperatura de colocación del concreto fresco:

La temperatura del concreto fresco inmediatamente después de su colocación, será igual a mayor a lo que se indica en la tabla 1. Dichas temperaturas, tiene en cuenta la temperatura ambiente y la menos dimensión lineal de la sección transversal

Tabla 1. Temperatura de colocación

Temperatura del aire	Mínimas dimensiones lineal de la sección (cm)				
	°C	Menor a 30	30 a 90	90 a 180	Mayor de 180
-1 a +7		16°C	13°C	10°C	7°C
-148 a -1		18°C	16°C	13°C	10°C
Menor de -18		21°C	18°C	16°C	13°C

Fuente: CIRSOC 201 M

A.3. Temperatura máximas de calentamiento de los materiales:

Cuando sea necesario calentar los materiales componentes, para que el concreto alcance las temperaturas de colocación establecida en el artículo b), se deberán respetar las siguientes temperaturas máximas;

- ✓ Agua de mezclado: 80 °C
- ✓ Agregados 65 °C de media, y en cualquier punto de la masa se los mismos, menor de 80 °C

Los equipos empleados para calentar los materiales, lo harán en forma uniforme en toda su masa.

En ningún caso la temperatura del concreto fresco resultante será mayor de 30 °C

A.4. Elaboración del concreto.

- ✓ No se descongelarán los agregados usando sales o productos químicos.
- ✓ Se emplearán los agregados que nos contengan hielo adherido a su superficie
- ✓ Debe cuidarse el orden de ingreso de los componentes de las mezclas a la mezcladora evitando que el cemento se ponga en contacto con materiales que estén a temperaturas mayores a 40 °C

A.5 Colocación del concreto

Las operaciones de colocación no se iniciaran, o serán interrumpidos cuando se carezca de medios adecuados para proteger el concreto de bajas temperaturas y se den algunas de las siguientes condiciones:

- ✓ Cuando la temperatura ambiente en el lugar de la obra, a la sombra y lejos de toda fuente artificial de calor, sea menor de 5°C

- ✓ Cuando pueda preverse que dentro de las 48 horas siguientes al momento de colocar el concreto, la temperatura ambiente pueda descender por debajo de los 0 °C.

A los efectos, el hecho que la temperatura ambiente a la nueve de la mañana sea menos de 4 °C, se toma como indicio suficiente para prever que dentro del plazo indicado se alcanzara el límite de temperatura establecido anteriormente.

- ✓ Durante los periodos de baja temperatura ambiente, antes de iniciar las tareas de colocación, se debe verificar que:
 - Existan en la obras los medios necesarios para proteger el concreto contra la acción de las bajas temperaturas.
 - Los materiales componentes del concreto estén libres de nieve, hielo o escachas.
 - Los encofrados, armaduras y lugares que ocupara el concreto, estén libres de nieve, hielo o escarcha, y que el concreto fresco no se pondrá en contacto con suelos o concretos congelados
- ✓ El concreto que haya resultado perjudicado por la acción de las bajas temperaturas, será eliminado antes de continuar con las tareas de vaciado.

A.6. Protección y curado del concreto

Cuando se espere que las temperaturas del ambiente descienda por debajo de los +2°C, después de la colocación, el concreto fresco será establecidas en la siguiente tabla.

Tabla 2. Temperaturas mínimas a mantener durante el periodo de protección

Mínima dimensión lineal de la sección	Temperatura mínima a que debe mantenerse el concreto durante el periodo de protección
Cm	°C
Menor de 30	13
30 a 90	10
90 a 180	7
Mayor de 180	5

Fuente: CIRSOC 201 M

Cuando el concreto contenga aire intencionalmente incorporado, el periodo de protección mínimo será el indicado a continuación, según sea el tipo de cemento utilizado.

- ✓ Cemento portland normal, son adiciones que alteren su desarrollo de resistencia, incluye también a los cementos normales que sean moderados o altamente resistentes a los sulfatos y /o resistentes a la reacción álcali-agregado: tras (3) días.
- ✓ Cemento portland de alta resistencia inicial: dos (2), días.
- ✓ Cemento portland de bajo calor de hidratación, puzolánico y con escorias de alto horno, y cemento de escorias de alto horno, incluye también a los que posean la condición de moderada o altamente resistentes a los sulfatos y /o resistentes a la reacción álcali-agregado: seis (6) días.

Si el concreto no contiene aire intencionalmente incorporado en su masa, los periodos de protección establecidos en el artículo anterior, serán duplicados. Como alternativa, el periodo de protección se extenderá como mínimo hasta que las probetas moldeadas y curadas en condiciones tan idénticas como sea posible a las condiciones en que se encuentre el concreto de la estructura que representa, tenga una resistencia de rotura a compresión igual o mayor que 7 MPa.

Durante el periodo de protección del concreto se pueden admitir temperaturas de la masa inferiores a las indicadas en la tabla anterior, siempre que se cumplan las siguientes condiciones.

- ✓ En ningún momento la temperatura del concreto de la estructura será menor que 5°C.
- ✓ Dicha temperatura será monitoreada con sensores empotrados en sus masas, que serán leídos no menos de cuatro (4) veces al día. Las lecturas deben permitir el registro de los picos extremos.
- ✓ La protección del concreto se mantendrá durante el periodo de tiempo necesario para que el concreto alcance su resistencia a compresión igual o mayor que 7 MPa. Y asegure el posterior desarrollo de la resistencia característica especificada.

- ✓ La protección exterior debe ser suficientemente confiable frente a los fenómenos atmosféricos y las contingencias propias de la obra, para poder asegurar las condiciones establecidas en los ítems anteriores.

Para proteger el concreto del efecto de las bajas temperaturas, se utilizan cubiertas con aislantes térmicos que aprovechen el calor de hidratación, o cerramientos que permitan calefaccionar mediante vapor de agua el recinto el recinto en que se encuentra la estructura.

Si para mantener la temperatura se emplean radiadores o calefactores a combustión, se adoptaran las precauciones necesarias para evitar el secado del concreto. Además los mismos no serán empleados en la primeras 24 horas después de colocado el concreto, para evitar la exposición del concreto con una atmosfera contaminada con anhídrido carbónico.

B. Vaciado del concreto en tiempo caluroso.

B.1. Definición

Se define como tiempo caluroso a cualquier combinación de alta temperatura ambiente, baja humedad relativa y velocidad de viento, que tendrá a perjudicar la calidad del concreto fresco o endurecido, o que contribuya a la obtención de propiedades anormales del mismo.

B.2. Temperaturas de colocación del concreto fresco

La temperatura del concreto fresco inmediatamente después de su colocación y compactación, será igual o menor a 30 °C. Cuando el proyectista establezca una temperatura menor de colocación, esta tendrá prelación sobre la indicada anteriormente.

La temperatura indicada en el artículo anterior no evita la formación de fisuras por retracción térmica. Cuando la tipología estructural y las condiciones del medio planteen la posibilidad de que ello ocurra, y deba evitarse la figura térmica por razones de durabilidad y/o aptitud de servicio de la estructura, debe realizarse los estudios necesarios para fijar la temperatura máxima de colocación.

Lo expresado precedentemente es de especial aplicación, sin que las menciones sea taxativas, en estructuras masivas, tabiques, losas de fundación y entrepisos de grandes dimensiones, y en toda estructura en que las formas estructurales y las restricciones mayores que la resistencia a tracción.

El vaciado de concreto en tiempo caluroso puede provocar la fisuración por contracción plástica del concreto.

Cuando se realice vaciados de concreto en tiempo caluroso deben preverse las condiciones necesarias para evitar la contracción plástica.

B.3. Reducción de la temperatura del concreto

Para reducir la temperatura del concreto adoptar uno o más de las siguientes métodos

- ✓ Usar cemento portland con menor temperatura posible
- ✓ Mantener los acopios de agregados gruesos a la sombra, y refrigerar los mismos por humedecimiento con agua en forma de niebla para reducir su temperatura.
- ✓ Refrigerar el agua de mezclado
- ✓ Emplear hielo en reemplazo parcial o total del agua de mezclado
- ✓ Mantener a la sombra o aislados térmicamente a los depósitos y cañerías que conducen el agua de mezclado

B.4. Elaboración del concreto.

- ✓ Cuando se utiliza hielo, el mismo debe ingresar a la mezcladora en escamas o triturado. Todo el hielo debe licuar antes de terminar el periodo de mezclado
- ✓ Si los agregados se refrigeran con agua en forma de niebla, se deben descontar del total del agua de mezclado, la aportada por los agregados.
- ✓ Para elaborar el concreto no se utiliza cemento de alta resistencia inicial o aditivos químicos acelerantes.
- ✓ Si el director de obra autoriza, se puede utilizar un aditivo químico retardador del tiempo de fraguado del concreto. Este aditivo permite compensar la aceleración del fraguado producida por la mayor temperatura del concreto, pero no es aplicación para resolver otros efectos térmicos desfavorables. En caso la dosis del retardador se debe ajustar en función de las variaciones en la temperatura de la colocación del concreto.
- ✓ El tiempo de mezclado del concreto no exceda de noventa (90) segundos.

B.5 Colocación del concreto

- ✓ Cuando la temperatura del medio ambiente llegue a 30 °C. y se continúe colocando concreto adoptando las precauciones estipuladas en el artículo b.4, se procederá a rociar y humedecer los moldes, encofrados, hormigón y armaduras existentes, con agua de forma de niebla a la menor temperatura posible. En este caso, inmediatamente antes de la colocación del concreto, deberá eliminarse toda acumulación de agua que pueda existir en los lugares que ocupa el concreto fresco.
- ✓ En caso que las condiciones ambientales diurnas sean críticas para lograr que el concreto tenga una temperatura menor a la establecida en el artículo b.2 el vaciado de concreto se realizara por la noche.
- ✓ Se recomienda que diariamente y a distintas horas se registre la temperatura y humedad relativa del ambiente, la temperatura y la velocidad del viento, correlacionándolas con el lugar de colocación de del concreto.

B.6. Protección y curado del concreto

- ✓ Las superficies expuestas del concreto deberán mantenerse continuamente humedecidas durante las 48 horas después de finalizada la colocación, mediante riego en forma de niebla, arpilleras húmedas y otros medios de comprobada eficacia. Inmediatamente después de seguirá con el periodo de curado húmedo.
- ✓ Durante las primero 24 horas, las superficies de concreto expuestas al medio ambiente, serán protegidas contra la acción del viento y sol, con el objetivo de evitar la figuración del concreto por contracción plástica y secado prematuro.
- ✓ Los encofrados de madera se mantendrán continuamente humedecidos hasta finalizar el periodo de curado del hormigón.
- ✓ La diferencia de las temperaturas del concreto y del agua de curado nunca será mayor de 10°C

2.1.3. El Comité ACI 305, nos indica lo siguiente:

A. Vaciado del Concreto en Climas Cálidos:

El Comité ACI 305, define climas calurosos como cualquier combinación de altas temperaturas ambientales, altas temperaturas del concreto, baja humedad relativa, radiación solar y baja humedad relativa del concreto son más pronunciadas con el incremento en la velocidad del viento y pueden llevar a la rápida evaporación de la humedad, la causa principal del agrietamiento por retracciones plásticas en el concreto.

A.1. Problemas potenciales

Los problemas potenciales del clima caluroso pueden ocurrir en cualquier momento del año en climas tropicales o áridos y ocurre generalmente durante el verano en otros climas. Los problemas asociados con el concreto reciente mezclado vaciado durante climas calurosos incluyen el incremento de:

- ✓ Demanda de agua
- ✓ Velocidad de pérdida de asentamiento y tendencia a remezcla
- ✓ Velocidad de fraguado
- ✓ Dificultad en el manejo vaciado, compactación y acabado
- ✓ Presencia de agrietamiento por contracción plástica.
- ✓ Cantidad de aditivos incluso de aire requerido
- ✓ Necesidad de curado temprano
- ✓ Riesgo de juntas frías

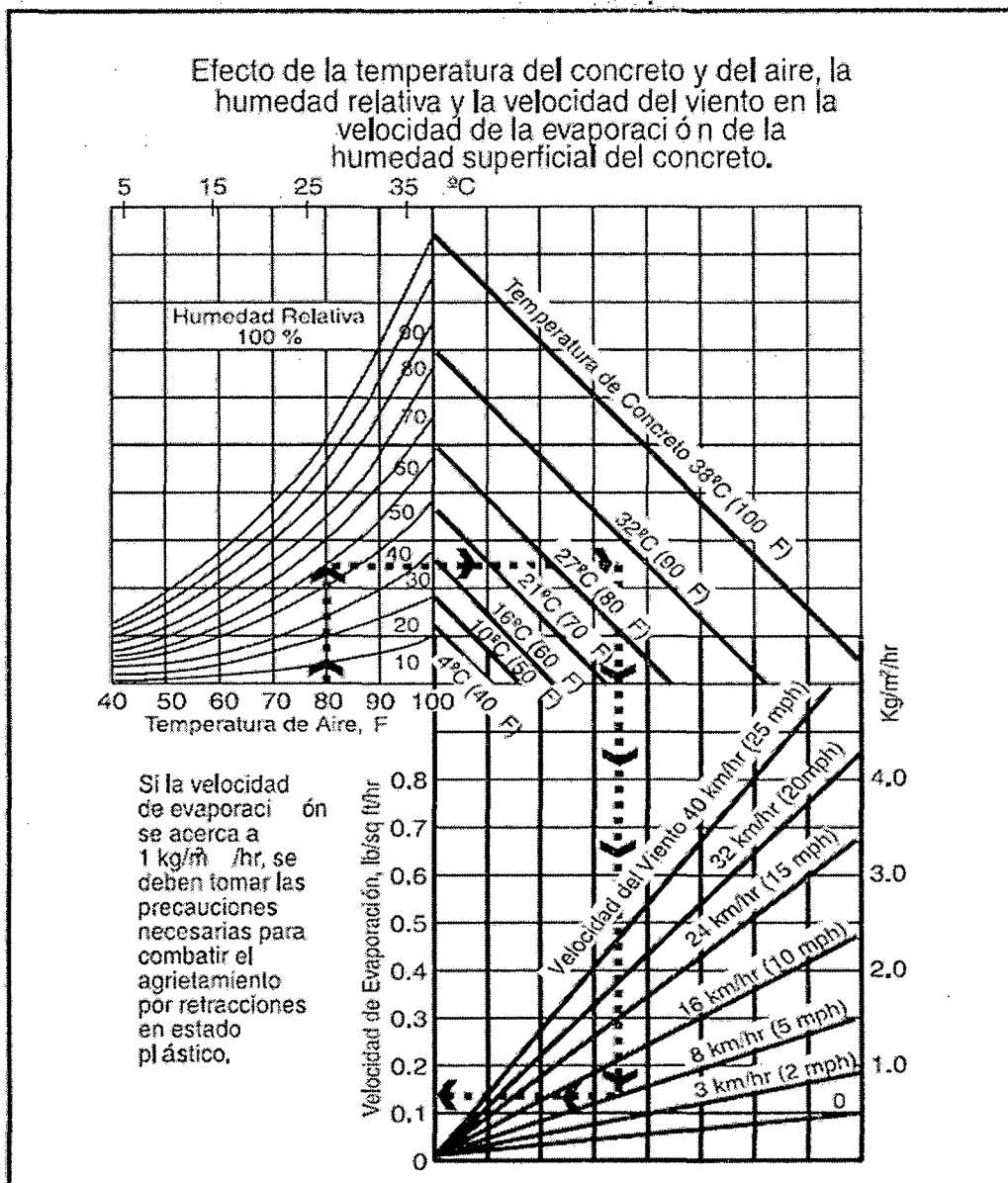


Figura 1: Efecto de la temperatura del concreto y del aire, y la velocidad del viento en la velocidad de evaporación de la humedad superficial del concreto

Tabla 3: Temperatura y tiempo de fraguado aproximado

Temperatura	Tiempo de fraguado aproximado
38°C	1 2/3 horas
32°C	2 2/3 horas
27°C	4 horas
21°C	6 horas
16°C	8 horas
10°C	11 horas
4°C	14 horas

Fuente: Comité ACI 305

El clima cálido, puede incrementar lo siguiente en el concreto endurecido

- ✓ Contracción por secado y agrietamiento térmico diferencial
- ✓ Permeabilidad

Así mismo puede reducir lo siguiente:

- ✓ Resistencia a compresión y a flexión
- ✓ Durabilidad
- ✓ Permeabilidad
- ✓ Uniformidad de la apariencia superficial

El informe acerca del vaciado del concreto en climas cálidos de ACI 305R, plantea que el concreto puede producirse en climas cálidos sin límites máximos en temperatura de vaciado y tendrá un desempeño satisfactorio si se observan las precauciones apropiadas de proporción, producción, entrega, vaciado, curado. Como parte de estas precauciones, se deberá poner esfuerzo especial para mantener la temperatura del concreto tan baja como sea practico.

A.2. Control de Temperatura del Concreto:

La temperatura del concreto al momento del mezclado, es influenciada por la temperatura, calor específico y calidad de sus ingredientes. La temperatura aproximada del concreto puede calcularse con la siguiente ecuación

$$T = \frac{0.22(T_s M_s + T_a M_a + T_c M_c) + T_w M_w + T_{sMws} + T_{aMwa}}{0.22(M_s + M_a + M_c) + M_w + M_{ws} + M_{wa}}$$

Donde:

T= temperatura final de la mezcla de concreto

Tc, Ts, Ta y Tw = temperatura del cemento, agregados finos, agregados gruesos y agua respectivamente

Mc, Ms, Ma y Mw = masa (peso) del cemento, de la superficie saturada y seca de los agregados finos, superficie saturada seca de los agregados gruesos, agua añadida, el agua libre sobre los agregados finos, y agua libe sobre los agregados gruesos respectivamente.

La temperatura del concreto, puede incrementarse 0.5°C incrementando:

- ✓ La temperatura del cemento 4°C

- ✓ Temperatura del agua 2°C
- ✓ Temperatura de los agregados 1°C

De todos los materiales para fabricar, el agua es el más fácil de enfriar. Usando hielo como parte del agua mezclada le ayudara a reducir la temperatura del concreto, la cantidad de hielo usado, deberá incluirse como parte del agua de mezcla y no deberá exceder 75% de la cantidad de agua requerida para cumplir con la relación agua/cemento.

La norma ACI 305R, tiene lineamientos adicionales para el uso del hielo en el concreto. Como los agregados gruesos son los ingredientes con mayor masa en el concreto, los cambios de temperatura tienen un efecto considerable en la temperatura del concreto. Las siguientes medidas le ayudaran a controlar la temperatura del concreto al momento del mezclado o durante el proceso de hidratación:

- ✓ Salpicar o rociar los agregados
- ✓ Almacenar los agregados en un lugar sombreado
- ✓ Uso de nitrógeno liquido
- ✓ Uso de cemento con cenizas volantes/escorias.
- ✓ Uso de aditivos para controlar el fraguado
- ✓ Uso de un reductor de evaporación
- ✓ El uso de cemento de fraguado lento, mejorara las características de manejo del concreto en clima cálido, la hidratación del cemento causa un incremento de temperatura de 4°C a 8°C por 45kg de cemento. El incremento en la temperatura del concreto debido a la hidratación del cemento es directamente proporcional a su contenido del cemento.

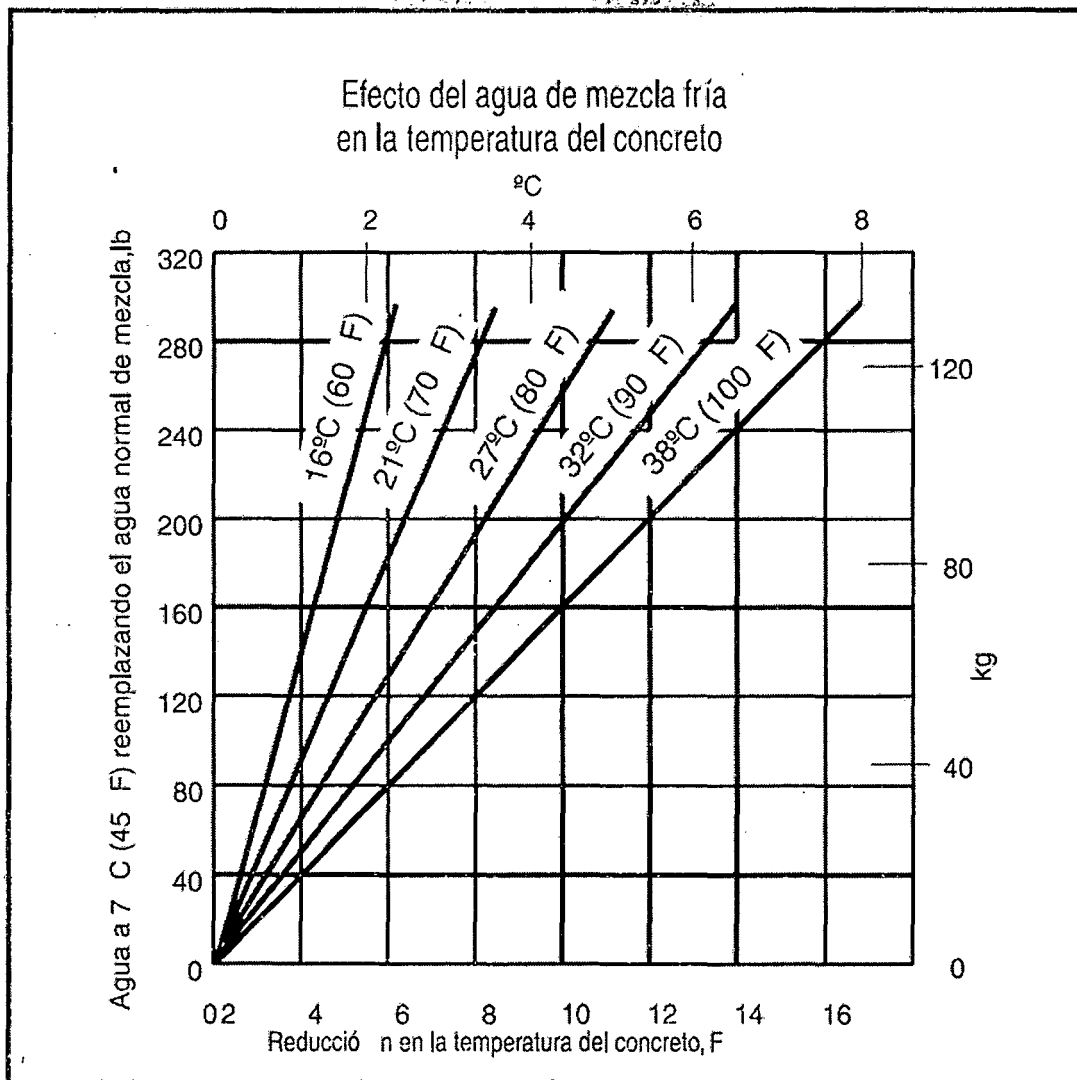


Figura 2: Efecto del agua de mezcla fría en la temperatura del concreto

2.1.4. Burón, (2006), miembro del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA). En su trabajo de investigación experimental denominado: Influencia en la Resistencia a Compresión del Hormigón, de La Temperatura Ambiente Elevada Durante el Hormigonado, Marzo (2006). Nos indica lo siguiente:

La influencia, en la resistencia a compresión del hormigón, de la temperatura ambiental elevada durante el hormigonado, es bien conocida y está bien documentada. Se sabe que produce, entre otros efectos perjudiciales, una reducción del valor de la resistencia a compresión y, tradicionalmente, está tratada dentro del epígrafe "hormigonado en tiempo caluroso", si bien más resistente se aborda, de un modo más amplio, dentro del "conjunto de

condiciones medioambientales que favorecen la desecación del hormigón” y que producen, sobre el hormigón, efectos perjudiciales del mismo tipo.

La resistencia a compresión de un hormigón se determina sometiendo a la probetas de dicho hormigón a un esfuerzo de compresión, de acuerdo con un procedimiento de ensayo normalizado en diversas normas UNE. La norma UNE 83.301:1991 “ensayos de hormigón. Fabricación y conservación de probetas” establecen las condiciones en las que se deben conservar las probetas para que el resultado del ensayo de rotura a compresión de las mismas sea comparable, después del correspondiente valor de la resistencia característica a compresión especificada. Las condiciones establecidas en la norma UNE 83. 301:1991, nos resulta fáciles de cumplir durante el verano, cuando las elevadas temperaturas afectan a la conservación de las probetas de concreto durante las primeras horas y, en consecuencia, a la representatividad del valor obtenido en el ensayo, de modo que el valor de la resistencia característica a compresión deducida de dicho ensayo nos puede compararse directamente con la resistencia característica a compresión especificada ya que el mismo no coincide, en general es menor, con el que hubiera obtenido si las probetas se hubieran conservado siempre de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE 83.301:1991.

La reciente aparición de trabajos realizados para objetivas la influencia de la conservación, durante las primeras horas, de las probetas en el resultado del ensayo de rotura a compresión de las mismas, permite considerar, y conocer, la influencia, en la resistencia a compresión del concreto, de la temperatura ambiente elevada durante la elaboración del concreto, solamente sobre la resistencia a compresión real sino también en la resistencia a compresión obtenida mediante los ensayos de rotura por compresión según las normas ; UNE 83.300:1984 y UNE 83.301:1991.

Este texto recoge, resumidamente, la información existente relacionada con el asunto objetivo del mismo, tanto desde el punto de vista de la fabricación del hormigón, como dese las condiciones propias de la ejecución de las obras y del control de la calidad del concreto suministrado para las mismas.

Las condiciones medioambientales que favorecen la desecación del concreto, altas temperaturas, baja humedad relativa y alta velocidad de viento, combinadas de diferentes formas, pueden producirse en España. Se presentan, con mayor frecuencia, durante el periodo comprendido desde el mes de mayo hasta el mes de septiembre, ambos inclusive.

Cuando el efecto de la temperatura tiene que ver con el gradiente térmico, las épocas del año a considerar son la primavera y el otoño, estaciones durante las que el gradiente térmico en un periodo de 24 horas es más intenso.

A. Condiciones que favorecen la desecación del hormigón y efectos sobre él.

A partir de la definición del tiempo caluroso del código modelo CEB-FIP (1990) cabe generalizar definiendo las condiciones que favorecen la desecación del hormigón como cualquier combinación de temperatura elevada, baja humedad relativa y alta velocidad de vientos que pueden actuar sobre el hormigón fresco afectando las propiedades del mismo.

Los efectos de dichas condiciones medioambientales sobre el hormigón son de tres tipos. Por una parte, la temperatura elevada produce, por si misma, un fraguado más rápido, aumenta la velocidad de la reacción exotérmica de hidratación del cemento y, aunque aumenta la resistencia inicial del hormigón, reduce la resistencia a 28 días del mismo y aumenta la red abierta de poros porque los productos hidratados formados rápidamente no compactan de modo uniforme los espacios intersticiales. El aumento de la porosidad abierta reduce la durabilidad porque aumenta la penetración de los agentes agresores mediante los mecanismos de transporte que se desarrollan a través de la red de poros abiertas del concreto

El fraguado más rápido conlleva, por el carácter exotérmico de la reacción de hidratación del cemento, un incremento de la temperatura en la masa de hormigón que origina un gradiente térmico con temperaturas crecientes del concreto, se producen variaciones acusadas en la temperatura exterior.

Por otra parte, la elevada evaporación del agua con la que se ha amasado el concreto, que tiene lugar en estado fresco y en la superficie del mismo, cuando

se da el conjunto de condiciones que favorecen la desecación, que son consecuencia de la disminución del volumen originado por la pérdida del concreto lo que disminuye la durabilidad del mismo, cuando dichas fisuras quedan directamente expuestas a la agresión del medio ambiente.

Una pérdida elevada del agua de amasado puede motivar que no se llegue a completar la hidratación del cemento ya que para ello, además de que exista agua combinable suficiente, es necesario que, en los poros de la masa la humedad sea próxima a la de saturación.

Por último la desecación del hormigón origina la pérdida de docilidad, lo que produce el tiempo durante el cual se puede colocar en obra el concreto. Este último efecto de la desecación es el causante de la mayor parte de la pérdida de propiedades del concreto ya que, es muy habitual, tratar de corregirlo añadiendo agua a la masa de concreto o dosificando con una cantidad de agua excesiva. En ambos casos el deterioro de las características del concreto es directo e inmediato ya que un incremento de la relación agua/cemento reduce la resistencia del concreto y aumenta la red de poros abierta del mismo, con la consiguiente reducción de la durabilidad.

B. Valores de referencias

Después de conocer los efectos de la desecación sobre el hormigón es necesario conocer unos valores de referencia de las diferentes condiciones que las originan o favorecen, para acotar cuando dichos efectos son relevantes o cuando son asumibles.

Cuando se sobrepasen los valores de referencia será necesario adoptar alguna precaución especial. Cuando no sea así, la puesta en obra del hormigón se realiza normalmente.

El primer valor de referencia es el indicado en el artículo 73 de la Especificación de hormigón estructural EHE, en el que, cuando la temperatura ambiente es superior a 40°C, se especifica que se suspenderá el hormigonado salvo que se adopten medidas especiales que merezcan la aprobación de la Dirección de Obra.

En consecuencia, podemos considerar como temperatura elevada aquella mayor o igual de 40°C, para tomar precauciones respecto a los efectos que la elevada temperatura provoca, por si misma, sobre el hormigón que se coloca en obra sometido a ella. La consideración de temperatura elevada unida a la humedad relativa, a la velocidad del aire y a la temperatura del propio hormigón se tratara más adelante.

Considerar la temperatura del medio ambiente de 40°C como temperaturas elevada, limita el calor en la masa del hormigón a valores que se superan los 85°C y por lo tanto no se producirán alteraciones por inestabilidad de los productos resultado de la hidratación del cemento. En estas condiciones la caída de los valores que caracterizan las propiedades del hormigón son del orden de 10% y, en consecuencia, resultan asumibles en cuanto a los instrucciones EHE. Fuera de este ámbito se encuentran las obras hidráulicas, cuyo tratamiento a los grandes volúmenes de hormigón en presas puede der más restrictivo.

Los ensayos de Davey y Fox, demuestran que, el calor de hidratación propio del cemento, el incremento de temperatura, en condiciones adiabáticas, puede alcanzar 51°C, si bien en condiciones reales esta temperatura se produce por la disipación del calor de la masa del hormigón hacia el ambiente exterior.

Hay que hacer notar que la temperatura de 40°C mantenido de modo constante durante uno o varios días, no se corresponde con las condiciones medioambientales de España.

Cuando se considera el conjunto de las condiciones medioambientales que producen la desecación del hormigón los valores de referencia se obtiene de las condiciones del documento ACI 305r-99 "hot Weather Concreting" que propone tomas precauciones cuando las condiciones medioambientales motivan que la velocidad de evaporación del agua de la superficie del hormigón se aproxime a 1kg/m²/h.

La velocidad de evaporación citada es función de la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del viento y de la temperatura del propio hormigón. Su cálculo se realizara con el nomograma que se adjunta como figura 1, obtenido del documento ACI 305.

Del citado monograma se deduce diversas combinaciones críticas de las que se obtendrían los valores que referencia de las diferentes condiciones que, vinculada a la temperatura propia del hormigón, exigen adoptar alguna de las recomendaciones incluida en este informe,

Así por ejemplo:

Temperatura del aire = 40 °C humedad relativa = 30%

Temperatura del hormigón = 40 °C velocidad del viento = 6 km/h

La consideración directa de las variables, determina como acción eficaces a desarrollar durante el proceso de colocación en obra del hormigón: la protección de las secciones hormigonadas en obra del viento, el control de la temperatura propia del hormigón y, durante el proceso de curado, la aportación sobre la superficie del elemento de la misma, al objeto de mantener el mayor grado de humedad relativa sobre dicha superficie.

C. Temperatura propia del hormigón

La temperatura propia del hormigón se calcula mediante la expresión:

$$T = \frac{0.22(Mg \cdot Tg + Mc \cdot Tc) + Ma \cdot Ta + Mag \cdot Tg}{0.22(Mg + Mc) + Ma + Mag} \dots\dots\dots (F.1)$$

Donde:

T= temperatura en °C

M = masa en kg

Los subíndices indican:

h= hormigón

g= áridos

c= cemento

a= agua aportada directamente

ag = agua aportada por los áridos

La temperatura del hormigón es más sensible a la cantidad de temperatura del agua que al mismo producto (cantidad x temperatura) correspondiente al resto de los materiales que lo componen.

Teniendo en cuenta que, definida la cantidad de cemento y la relación agua/cemento, la cantidad de áridos está determinada y considerando como densidad del hormigón 24 KN/m³ (es decir 2400 kg/m³), la formula anterior (F.1) da lugar a la siguiente formula (F.2)

$$TH = \frac{(.22+K)\left(2400-Mc\left(1+\frac{A}{C}\right)\right)Tc+Mc(1+K)\left(.22Tc+\left(\frac{A}{C}Ta\right)\right)}{(.2+K)\left(240-Mc\left(1+\frac{A}{C}\right)\right)+Mc(1+K)\left(.22+\frac{A}{C}\right)} \dots\dots\dots (F.2)$$

Donde

$$K = \frac{MAG}{MG}$$

El significado de las variables incluidas en esta fórmula es idéntico al que tenían en la formula anterior (F.1).

Para observar la influencia que la temperatura de cada uno de los materiales componentes tiene en la temperatura del hormigón aplicamos la formula (F.2) considerando k= 0.03 y calculando para las siguientes parejas de valores:

Tabla 4: Contenido de cemento por m³ de hormigón Vs. Relación agua/cemento.

Contenido de cemento por m ³ de hormigón	Reacción agua /cemento
Mc = 250 kg/m ³	A/C = 0'50
Mc =450 kg/m ³	A/C =0'50
Mc =250 kg/m ³	A/C =0'37
Mc =450 kg/m ³	A/C =0'37

Fuente: IECA

En las tablas siguientes se indican los resultados obtenidos para diferentes temperaturas de los materiales

Tabla 5. Variación de la temperatura del hormigón en función de la temperatura del agua

TA (°C)	TG (°C)	TA (°C)	TH (°C)			
			C = 250 kg/m ³	C = 450 kg/m ³	C = 250 kg/m ³	C = 450 kg/m ³
			A/C = 0'50	A/C = 0'50	A/C = 0'37	A/C = 0'37
20	20	20	20	20	20	20
40	20	20	24	26	23	25

Fuente: IECA

Tabla 6. Variación de la temperatura del hormigón en función de la temperatura de los áridos

TA (°C)	TG (°C)	TA (°C)	TH (°C)			
			C = 250 kg/m ³	C = 450 kg/m ³	C = 250 kg/m ³	C = 450 kg/m ³
			A/C = 0'50	A/C = 0'50	A/C = 0'37	A/C = 0'37
20	20	20	20	20	20	20
20	40	20	35	31	35	32

Fuente: IECA

Tabla 7. Variación de la temperatura del hormigón en función de la temperatura del cemento

TA (°C)	TG (°C)	TA (°C)	TH (°C)			
			C = 250 kg/m ³	C = 450 kg/m ³	C = 250 kg/m ³	C = 450 kg/m ³
			A/C = 0'50	A/C = 0'50	A/C = 0'37	A/C = 0'37
20	20	20	20	20	20	20
20	20	75	25	27	25	28

Fuente: IECA

Tabla 8. Temperatura propia del hormigón en función de la temperatura de sus componentes y valores de referencia

	TA (°C)	TG (°C)	TA (°C)	TH (°C)			
				C = 250	C = 450	C = 250	C = 450
				kg/m ³ A/C = 0'50	kg/m ³ A/C = 0'50	kg/m ³ A/C = 0'37	kg/m ³ A/C = 0'37
	20	20	20	20	20	20	20
	20	40	20	35	31	35	32
VR	30	40	60	40	40	40	40
	20	40	75	39	39	40 (VR)	40 (VR)
	40	20	20	24	26	23	26
	40	30	75	36	39	35	39
	40	32	75	37	40 (VR)	37	40 (VR)
VR	40	36	75	40	40	40	40
	20	20	75	25	27	25	28
VR	37	37	75	40	40	40	40
VR	40	40	40	40	40	40	40

Fuente: IECA

De las tablas T.5, T.6 y T.7 se deduce que, manteniendo los áridos y el cemento a 20°C, un incremento de 20°C en la temperatura del agua eleva la temperatura del hormigón entre 3°C y 6°C, según la dosificación. Si se mantiene el agua y el cemento a 20°C, un incremento de 20°C en la temperatura de los áridos eleva la temperatura del hormigón entre 11°C y 15°C, según la dosificación. Si se mantiene el agua y los áridos a 20°C, un incremento de 55°C en la temperatura del cemento eleva la temperatura del hormigón entre 5°C y 8°C, según la dosificación.

En consecuencia, en los hormigones habituales, la temperatura propia del hormigón, depende mucho de la temperatura de los áridos, algo de la temperatura del agua y muy poco de la temperatura del cemento.

Por tanto, las acciones eficaces para controlar la temperatura propia del hormigón, cuando sea necesario, son: primero, reducir la temperatura de los áridos y, después, reducir la temperatura del agua.

En la T.8 se indica, manteniendo las hipótesis de cálculo establecidas anteriormente, la temperatura del hormigón para diferentes temperaturas de los materiales componentes, indicando que conjunto de valores pueden

considerarse como valores de referencia con los términos utilizados en este informe.

De la tabla T.8 se deduce que para temperaturas en el agua y los áridos que no superen el 35°C, no se superan los 40°C como temperatura del hormigón y, por lo tanto, no se alcanza la situación crítica en la que es necesario adoptar alguna de las recomendaciones incluidas en este informe.

D. Control del hormigón

El control del hormigón a través de probetas de ensayo se hace mucho más complicado cuando se dan las condiciones que favorecen la desecación del hormigón. Fácilmente se comprende que las condiciones atmosféricas correspondientes (elevada temperatura, baja humedad relativa y viento) son mucho más perjudiciales para las probetas por su pequeño tamaño. Dejar por tanto las probetas enmoldadas directamente expuestas a la acción del viento o del sol introducirá importantes variaciones en sus características, y hará que los resultados obtenidos con ellas no sean en absoluto representativos.

En caso de las probetas fabricadas para controlar la resistencia del hormigón en los ensayos de recepción, deben extremarse las precauciones, pues pueden resultar seriamente afectadas por el tiempo caluroso. La norma UNE 83 301:1991 "ensayos de hormigón, fabricación y conservación de probetas" determina que, "con el fin de evitar la desecación de la masa de hormigón, las probetas recién fabricadas se mantengan en sus moldes con un superficie de tal forma que la temperatura similar protegida de la intemperie de tal forma que la temperatura alrededor de las mismas comprendida entre 16 y 27 °C". Si la temperatura del medio ambiente es elevada y alcanza el valor de referencia de 40 °C de manera constante, es necesario disponer cámaras de curado en las que conservar las probetas recién fabricada, aun dentro de sus moldes. En las condiciones medioambientales que en España se suelen dar, dentro del campo de aplicación de este informe, suele ser suficiente cubrir las probetas recién fabricadas, aún en sus moldes, con arpillera húmeda e introducirlas en bolsas de plástico que se deben cerrar herméticamente para que constituyan un recinto estanco y conservar dichas bolsas con las probetas en ellas contenidas a la sombra y en un ambiente lo menos caluroso posible, a lo que puede contribuir almacenarlas en un lecho de arena húmedo con la debida aportación de agua. También se debe cubrir la probeta con arpilleras húmedas para su

traslado, después de extraerla del molde, hasta la cámara de curado normalizado.

Recomendaciones a considerar cuando el hormigonado se realiza en condiciones que favorecen la desecación del mismo

A la vista de los efectos anteriormente descritos, de los valores de referencia indicados y de las acciones calificadas como más eficaces, se deducen las recomendaciones siguientes, a considerar cuando las condiciones medioambientales que favorecen la desecación del hormigón se presentan en una combinación de valores que determinan que el efecto negativo sobre el hormigón no sea irrelevante.

Empleo de materiales y dosificaciones con los que se tengan buenas experiencias en hormigonado en tiempo caluroso.

- ✓ Utilización de áridos cuya temperatura no supere la adecuada en cada caso, evitando el soleamiento de los mismos y enfriándolos si fuera necesario.
- ✓ Empleo de cementos con bajo calor de hidratación, o bien cementos que tiendan a generar menor cantidad de calor, como cementos con un mayor contenido de adiciones, y de categoría resistencia 32,5 o 42,5.
- ✓ Áridos con menor coeficiente de dilatación térmica, para limitar la fisuración por gradientes térmicos.
- ✓ Áridos con menor coeficiente de absorción de agua, ya que la elevada temperatura incrementa la absorción de agua de amasado por parte de los áridos, durante las primeras horas del hormigón.
- ✓ Empleo de técnicas para el enfriamiento del hormigón.
- ✓ Empleo de dosificaciones con aditivos superplastificantes que permitan una consistencia adecuada para la puesta en obra, durante el tiempo necesario.

En todos los casos readitivar el hormigón inmediatamente antes de su colocación es el mejor modo de recuperar la pérdida de docilidad sufrida durante el transporte. Para ello se pueden realizar ensayos previos que determinarán la cantidad y tipo de aditivo a utilizar. Generalmente, se readituará con el mismo aditivo utilizado en la fabricación del hormigón. En todo caso la

operación de readitivar se realizará bajo el control del fabricante del hormigón.

- ✓ Sistemas eficaces de puesta en obra que reduzcan al mínimo el tiempo transcurrido entre la fabricación del hormigón y la finalización del hormigonado.
- ✓ Adecuada planificación de los trabajos, tratando de evitar el hormigonado en los momentos más calurosos y, en todo caso disponiendo de los medios necesarios para que el ritmo de hormigonado no dé lugar a la formación de juntas frías.
- ✓ Protección adecuada del hormigón contra la acción del viento, tanto durante su colocación como durante su endurecimiento.
- ✓ Protecciones adecuadas del hormigón frente a la exposición directa al sol y a la pérdida de humedad, tanto durante su colocación como durante su endurecimiento. El procedimiento de curado debe ser eficaz, pudiendo ser recomendable el empleo de productos de curado en determinadas situaciones, como alternativa a la aportación de agua.
- ✓ Limitación del riesgo de fisuración por retracción mediante la adecuada disposición de juntas, o bien mediante el empleo de mayores cuantías de armado o de fibras.
- ✓ Calibración de la influencia del procedimiento de conservación de las probetas en el resultado del ensayo de rotura por compresión.
- ✓ Los procedimientos que se empleen para adoptarlas dependerán del tipo de obra, de las características de los materiales utilizados, de la experiencia de las empresas constructoras en la zona, así como de las condiciones ambientales existentes. Y serán tanto más necesarios cuantas más circunstancias adicionales, como las que se enuncia a continuación, se presenten.
- ✓ Hormigones de alta resistencia con elevados contenidos de cemento (en general superior a 400 kg/m³).
- ✓ Elementos con una fuerte concentración de armaduras, en los que aumentan las dificultades de vertido y compactación del hormigón.

- Grandes masas de hormigón.
- Elementos superficiales.
- Elementos de pequeño espesor.
- Largas distancias de transporte.
- Dificultad para mantener un ritmo continuo de hormigonado que evite que se produzcan juntas frías propiciadas por iniciarse antes del fraguado.

En cuanto a la calibración necesaria de la influencia de las condiciones de conservación de las probetas en obra, durante las primeras horas, para interpretar adecuadamente el resultado de los ensayos de rotura por compresión de las mismas, lo más adecuado es exigir un control de tipo industrial a la producción del hormigón, certificado por terceros, que certifique la resistencia a compresión del hormigón fabricado mediante el estimador.

$$F_{cm} \geq f_a + 1.645a$$

Donde:

F_{cm} = valor medio de los resultados (en N/mm²) de 15 ensayos de resistencia a compresión realizados a 28 días y de acuerdo con la frecuencia de muestreo del control de producción. El resultado de cada ensayo deberá ser el obtenido a partir de la media de dos o más probetas fabricadas a partir de una misma muestra y ensayadas a la misma edad.

f_a = valor de la resistencia característica a compresión especificada

a = desviación estándar de la producción

Este procedimiento desarrollado cumpliendo con las Normas UNE 83.300:1984 y 83.301:1991, garantiza que el hormigón fabricado tiene una resistencia característica a compresión mayor o igual que la resistencia característica a compresión especificada y que el riesgo del consumidor es del 50%, es decir que el hormigón fabricado, así certificado, cumple con los criterios de aceptación exigidos por la Especificación del Hormigón Estructural EHE, documento de obligado cumplimiento en España

2.1.5. Otros artículos.

Además, existen otros artículos de investigación, de ciertos estudios experimentales realizados anteriormente y son los que se indican a continuación:

Ortiz, 2005; Ortiz et al., (2003), nos indica que la fabricación de concreto premezclado, en condiciones climáticas extremas, ya sean de altas temperaturas o de bajas temperaturas, influye de manera directa en las características en cualquier etapa del mismo: mezclado transporte, colocación, curado, así como en las propiedades físicas y mecánicas. Ello constituye una preocupación tanto para los fabricantes como para los constructores, por las evidentes consecuencias negativas que puede tener.

Mouret, (1997). Nos comenta que dentro del sector de la construcción es muy conocido que se dan pérdidas de resistencia en los periodos estivales, ya que según los resultados que se obtienen en los laboratorios año tras año, se observa dicho fenómeno de forma recurrente

Comella et al. (2002), recoge una serie de datos estadísticos de resistencia a la compresión simple a 28 días de concretos de 30MPa, tomados por un laboratorio de control de calidad y correspondiente a concretos colocados en el área metropolitana de Barcelona. En los ensayos realizados durante un año, se observa que la estación que se obtuvo una menor resistencia a la compresión fue en verano.

Soroka (1993), basado en datos experimentales, indica que un aumento de 10^oc en la temperatura del concreto, tiene como consecuencia la disminución en el revenimiento inicial de aproximadamente 25 mm, de igual forma por cada 10^oc de aumento en la temperatura del concreto, se necesitará aumentar entre 4 a 6 kg/m³ de agua para obtener el mismo revenimiento.

Neville (1999), manifiesta que el efecto de la temperatura en la demanda de agua, es principalmente producido por su efecto en la velocidad de la hidratación del cemento y también en la tasa de evaporación del agua.

2.2 Antecedentes Nacionales.

Tapia (2010), nos manifiesta lo siguiente, de acuerdo a la norma técnica de edificación E-060-2009. El clima cálido es una combinación de cualquiera de las siguientes condiciones que tienden a perjudicar la calidad de la mezcla fresca o la del concreto endurecido, por aceleración de la velocidad de pérdida de humedad y grado de hidratación del cemento, o de otros modos, que produzcan resultados perjudiciales:

- ✓ Alta temperatura ambiente
- ✓ Alta temperatura del concreto
- ✓ Baja humedad relativa
- ✓ Alta velocidad del viento
- ✓ Radiación solar

Durante el proceso de colocación del concreto en climas cálidos, deberá darse adecuada atención a la temperatura de los ingredientes, así como a los procesos de producción, manejo, colocación, protección y curado a fin de prevenir en el concreto, temperaturas excesivas que pudieran impedir alcanzar la resistencia requerida o el adecuado comportamiento del elemento estructural.

A fin de evitar altas temperaturas en el concreto, pérdidas de asentamiento, fragua instantánea o formación de juntas, podrán enfriarse los ingredientes del concreto antes del mezclado o utilizar hielo, en forma de pequeños gránulos o escamas, como sustituto de parte del agua del mezclado.

En climas cálidos se deberán tomar precauciones especiales en el curado para las anomalías térmicas registradas en los últimos meses en la costa peruana, entre Tumbes y San Juan de Marcona, actúan de manera significativa en la calidad de los concretos producidos en la región.

El cambio de clima que se advierte a partir de Noviembre, se debe al denominado "Fenómeno del Niño", originado por la expansión al sur de la corriente de dicho nombre. Estas masas calientes, cuyo desplazamiento normal se realiza en la zona ecuatorial, tienen un espesor de treinta a cuarenta metros y originan una interacción océano-atmósfera, con incrementos importantes de temperatura y de la humedad atmosférica

La inestabilidad atmosférica agrava los problemas de concretado en zonas tradicionales de "clima cálido", como los departamentos de Piura y parte de Lambayeque, fenómeno que se extiende además a nuevas áreas de La Libertad, Ancash e Ica.

La caracterización del clima para los efectos de la producción de concreto, está dada por los siguientes parámetros:

- ✓ Temperatura ambiente
- ✓ Humedad relativa
- ✓ Velocidad del viento

El fenómeno del Niño ha incrementado la temperatura de la costa norte entre 5° y 10° sobre lo normal; asimismo ha aumentado la velocidad del viento y el diferencial de humedad ambiente.

Las condiciones del clima en la obra, caluroso o frío, ventoso o calmo, seco o húmedo, pueden ser muy distintas de las condiciones ideales, asumidas en el momento de especificar, diseñar o seleccionar una mezcla o pueden diferir de las condiciones de laboratorio en las cuales se almacenaron y se ensayaron las probetas de concreto

Las condiciones de clima caluroso, influyen adversamente la calidad del concreto, principalmente acelerando la tasa de pérdida de humedad y la velocidad de hidratación del cemento.

Las condiciones del clima cálido, pueden crear dificultades; tales como:

Aumento de la demanda de agua.

Aceleración de la pérdida de (asentamiento), llevando a la adición de agua o la mezcla.

- ✓ Aumento de la tendencia de fisuración plástica.
- ✓ Necesidad de curado temprano.
- ✓ Aumento de la temperatura del concreto, resultando en pérdida de resistencia a lo largo del tiempo.
- ✓ Disminución del tiempo de fraguado.
- ✓ Dificultades en el control del aire incorporado.
- ✓ Aumento del potencial de fisuración térmica.

La adición de agua en la obra puede afectar negativamente las propiedades y las condiciones de servicio del concreto endurecido, resultando en:

- ✓ Disminución de la resistencia, por el aumento de la relación agua –cemento
- ✓ Disminución de la durabilidad, debido a la fisuración
- ✓ Aumento de la permeabilidad
- ✓ Apariencia no uniforme de la superficie
- ✓ Aumento de la tendencia de contracción (retracción) por secado
- ✓ Disminución de la resistencia a abrasión, por la tendencia de rociar agua durante el acabado

Cuando Tomar Precauciones

La temperatura más favorable para lograr una alta calidad del concreto fresco es normalmente más baja que aquella obtenida, durante el clima cálido para maximizar las propiedades de la mezcla, pero tal temperatura no siempre es posible. (10°C a 15°C).

Las precauciones se deben planear cuando el concreto se coloca a una temperatura entre 25°C y 35°C.

Medidas o improvisaciones de última hora para prevenir los daños causados por el clima caluroso normalmente no son eficientes.

Si no están disponibles datos de campo aceptables, se debe establecer el límite máximo de temperatura para las condiciones de la obra, con base en pruebas de mezclas hechas a la temperatura y para el espesor de la sección típica anticipada.

Se hace necesario no solamente el control de la temperatura máxima, como también la determinación de cuando se deben emplear precauciones para que se produzca un concreto con la resistencia y la durabilidad deseadas.

Para la mayoría de las obras es muy difícil limitar la temperatura máxima del colado del concreto, pues las circunstancias y los requisitos del concreto varían ampliamente. Por ejemplo, la temperatura límite que sirve satisfactoriamente en una obra, podría ser altamente limitativa en otra.

Las condiciones atmosféricas, incluyendo la temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento, juntamente con las condiciones de la obra, influyen en las precauciones necesarias.

Las precauciones siguientes reducen los problemas potenciales de la colocación en clima caluroso:

- ✓ Uso de materiales y proporciones que tengan un buen registro en condiciones de clima cálido
- ✓ Enfriamiento del concreto o de uno o más ingredientes
- ✓ Uso de un concreto con una consistencia que permita su rápida colocación y consolidación
- ✓ Reducción al máximo del tiempo de transporte, colado y acabado
- ✓ Programación de la colocación del concreto para limitar la exposición a las condiciones atmosféricas, como por la noche o durante condiciones favorables de clima.
- ✓ Consideración de métodos para limitar la pérdida de humedad durante el colado y el acabado, tales como sombrillas, parabrisas, niebla y rociado.
- ✓ Aplicación temporaria, después del acabado, de películas que retienen la humedad.
- ✓ Organización de una reunión antes del inicio de la construcción
- ✓ Para discutir las precauciones necesarias en el proyecto.

Efecto de las altas temperaturas en el concreto.

Si la temperatura del concreto aumenta, hay una pérdida de (asentamiento) que normalmente se compensa con la adición de agua al concreto en la obra.

La adición de agua sin la adición de cemento resulta en mayor relación agua-cemento, disminuyéndose la resistencia en todas las edades y afectando negativamente otras propiedades del concreto endurecido.

Esta agua adicional podría disminuir la resistencia en 12% a 15% y producir probetas con resistencia a compresión que no cumplen las especificaciones.

La alta temperatura del concreto fresco aumenta la velocidad de fraguado y

disminuye el tiempo disponible para el transporte, colocación y acabado.

Se puede reducir el tiempo de fraguado en 2 ó más horas con el aumento de 10°C de la temperatura del concreto.

El concreto debe permanecer plástico tiempo suficiente para permitir el colado de cada capa sin el desarrollo de juntas frías o discontinuidades.

Antecedentes Locales.

A nivel local, existe información sobre el diseño de mezclas para concreto considerando la temperatura ambiental para los componentes del concreto, careciendo de investigaciones en el tema específico sobre la influencia de la temperatura del agua en la resistencia a la compresión del concreto.

2.4. Bases Teóricas.

2.4.1. El agua

A. El agua en el concreto:

El agua es el elemento indispensable para lubricación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto, este elemento debe cumplir de ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química.

El agua de mezcla del concreto, tiene tres funciones principales:

- ✓ Reaccionar con el cemento para hidratarlo
- ✓ Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto
- ✓ Procurar la formación de la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse. Por consiguiente la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto fresco y endurecido.

A.1. División del agua en el concreto:

El agua en el concreto, se divide en agua de mezclado y agua de curado

A.1.1. Agua de mezclado: Corresponde al diseño original de la mezcla, es el volumen de agua por metro cúbico de concreto (vol. X m³), en el diseño de concreto, tiene dos fases.

a. Agua de hidratación: Es la que reacciona químicamente con el cemento, lo hidrata formando el gel o pasta hidratada. Recibe el nombre de no evaporable porque a una temperatura de 110°C no se produce evaporación.

b. Agua evaporable: Es la parte de agua de mezclado que es capaz de agitarse a 110°C. Se divide en tres fases.

- **Agua de absorción:** es la capa molecular de agua que es atraída por el gel del cemento.
- **Agua capilar:** Es la que ocupa los poros entre los granos del cemento. Las agua de absorción y capilar ocupan un 77% de estas aguas.
- **Agua libre:** Es la que realmente evapora, o sea la que se pierde dentro del agua de mezclado en "Condiciones de Secado"

Hay tres factores que influyen en la cantidad de agua en una mezcla: la relación A/C, la humedad ambiental y la diferencia de densidades de los materiales.

A.1.2. Agua de curado: Es el agua que necesita el concreto para hidratar eficientemente el cemento.

B. Requisitos que debe cumplir:

- ✓ El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero.
- ✓ Si se tuvieran dudas de la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis químico de esta, para comparar los resultados con los valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación del concreto que a continuación indicamos:

Tabla 9. Valores máximos permisibles de las sustancias disueltas en el agua.

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300ppm
Sales de magnesio	150ppm
Sales solubles	1500ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Tecnología de concreto Ing. José Lezama Leyva

La norma nacional NTP 339.088 establece como requisitos para agua de mezcla y curados, los siguientes:

Tabla 10. Límites máximos permisibles de sustancias disueltas en el agua.

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
Sólidos en suspensión	Hasta 5000 ppm máximo
Materia orgánica	Hasta 3 ppm máximo
Carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total expresada en NaHCO_3)	Hasta 1000 ppm máximo
Sulfatos (Ion SO_4)	Hasta 600 ppm máximo
Cloruros (Ion Cl)	Hasta 1000 ppm máximo
PH	Entre 5.5 y 8

Fuente: N.T.P. 339.088, tecnología de concreto

Existe evidencia experimental que el empleo de aguas con contenidos individuales de cloruros, sulfatos y carbonatos sobre los 5000 ppm, ocasiona reducción de resistencias hasta el orden del 30% con relación a los concretos con agua pura.

La materia orgánica por encima de las 1000 ppm reduce resistencia e incorpora aire.

- ✓ También deberá hacerse un ensayo de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, preparando testigos con agua destilada o potable y con el agua

cuya calidad se requiere evaluar, considerándose como satisfactoria aquellas que arrojen una resistencia mayor o igual a 90% que la del concreto preparado con agua potable.

- ✓ Un método rápido para conocer la existencia de ácidos en el agua, es por medio de un papel tornasol, el que sumergido en agua acida tomara un color rojizo. Asimismo para determinar la presencia de yeso u otro sulfato es por medio de cloruro de bario, se filtra el agua (unos 500 cm) y se le hecha algunas gotas de ácido clorhídrico, luego más gotas de solución de cloruro de bario, si se forma un precipitado blanco (sulfato de bario) es señal de presencia de sulfatos. Esta agua debe entonces mandarse a analizar en un laboratorio para saber su concentración y ver si está dentro del rango permisible.

Deberá entenderse que estos ensayos rápidos no pueden reemplazar a los de laboratorio, y solo se utilizan para tener indicios que posteriormente se comprobarán en un laboratorio competente.

El agua de mar, se puede usar en la elaboración de concreto bajo ciertas restricciones que indicamos a continuación:

- ✓ El agua de mar puede ser empleada en la preparación de mezclas para estructuras de concreto simple.
- ✓ En determinados casos puede ser empleada en la preparación de mezclas para estructuras de concreto armado, con la densificación y compactación adecuadas.
- ✓ No debe utilizarse en la preparación de concretos de alta resistencia o concretos que van a ser utilizados en la preparación de elementos pretensados o potenzados.
- ✓ No debe emplearse en la preparación de mezcla, de concreto que va a recibir un acabado superficial de importancia, concretos expuestos, ya que el agua de mar tiende a producir humedad permanente y florescencia en la superficie del concreto terminado.
- ✓ Para diseñar mezclas de concreto en las cuales se va a utilizar agua de mar, se recomienda para compensar la reducción de la resistencia final utilizar un fe igual a 110 % a 120 % de la resistencia promedio encontrada.
- ✓ No se utilizara agua de mar en concretos con resistencias mayores de 175 kg/cm² a los 28 días.

C. Temperatura del agua:

Es la propiedad del agua que está relacionada con la sensación de calor o frío y se siente cuando se pone en contacto con ella.

El instrumento utilizado habitualmente para medir la temperatura, es el termómetro. En la actualidad, existen tres escalas para medir la temperatura: Celsius, Fahrenheit y Kelvin.

2.4.2. Agregados:

Materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc) y el agua formando los concretos y morteros.

La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto.

Por lo anterior, es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta de cemento.

A. Clasificación de los agregados:

Los agregados se clasifican en: agregados finos (arena fina y arena gruesa) y agregado grueso (grava y piedra)

A.1. Agregado fino:

Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finalmente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 905 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC.400.037

Las arenas provienen de la desintegración natural de las rocas y que arrastradas por corrientes aéreas o fluviales se acumulan en lugares determinados.

a. Granulometría del agregado fino:

La granulometría es la distribución de tamaño de las partículas de arena. La distribución del tamaño de partículas se determina por separación con una serie de mallas normalizadas. Las mallas normalizadas utilizadas para el agregado fino son las N°s 4, 8, 16, 30, 50, 100 El reglamento nacional de construcción especifica la granulometría de la arena en concordancia con las normas del ASTM. Y se indican en la siguiente tabla.

Tabla 11. Límites de granulometría según el A.S.T.M.

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

Fuente: N.T.P. 400.037

La norma ASTM, exceptúa los concretos preparados con más de 300 kg/m³ de los porcentajes requeridos para el material que pasa las mallas n° 50 y 100 que, en este caso puede reducirse a 5% y 0% respectivamente.

Esta posición se explica porque el mayor contenido de cemento contribuye a la plasticidad del concreto y la compacidad de la pasta, función que cumple el agregado más fino.

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

Para que el concreto tenga una adecuada trabajabilidad, las partículas de agregado grueso deben estar espaciadas de manera tal que puedan moverse con relativa facilidad, durante los procesos de mezclado y colocación. En este sentido; el agregado fino actúa como lubricante del agregado grueso, ayudándolo a distribuir en toda su masa.

En general, en cuanto a granulometría se refiere, los mejores resultados se obtienen con agregados de granulometrías que queden dentro de las normas y que den curvas granulométricas suaves.

b. Requisitos de uso.

- ✓ El agregado fino será arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes.
- ✓ El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias perjudiciales.

✓ Debe cumplir las normas sobre su granulometría. Se recomienda que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes:

- Partículas deleznable: 3%
- Material más fino que la malla N° 200, 5 %

A.2. Agregado grueso:

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz ITINTEC 4.75 mm (N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc

A.2.1. Gravav:

Comúnmente llamados canto rodado, es el conjunto de fragmentos pequeños de piedra, proveniente de la disgregación natural de las rocas, por acción del hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándose generalmente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural. Cada fragmento ha perdido sus aristas vivas y se presentan en forma más o menos redondeadas. Las gravas pesan de 1600 a 1700 kg/m³.

A.2.2. Piedra partida o chancada:

Se denomina así al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas. Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente. Su función principal es la de dar volumen y aportar su propia resistencia. Los ensayos indican que la piedra chancada o partida da concretos ligeramente más resistentes que los hechos con piedra redonda. El peso de la piedra chancada se estima en 1450 a 1500 kg/cm².

a. Granulometría del agregado grueso:

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la norma ITINTEC400.037 o en la norma ASTM C 36.

b. Tamaño máximo:

El tamaño máximo de los agregados gruesos en el concreto armado se fija por la exigencia de que pueda entrar fácilmente en los encofrados y entre las barras de la armadura. En ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso deberá ser mayor que:

- ✓ Un quinto, de la menor dimensión entre caras del encofrado.
- ✓ Un tercio de la altura de las losas.
- ✓ Tres cuartos del espacio libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, cables o ductos de pres fuerzo.

Estas limitaciones están dirigidas a que las barras de refuerzo queden convenientemente recubiertas y no se presenten cavidades de las llamadas cangrejeras. Sin embargo pueden omitirse por excepción, si el ingeniero responsable comprueba que los métodos de puesta en obra y la trabajabilidad del concreto lo permiten.

Se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 1 1/2. En tamaños mayores, solo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

c. Requisitos de uso:

- ✓ El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa.
- ✓ Las partículas deben estar libre de tierra, polvo, limo, humus, escamas, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- ✓ Se recomienda que las sustancias dañinas no excedan los porcentajes máximos siguientes.
 - Partículas deleznable: 5%.
 - Material más fino que el tamiz N° 200: 1 %.
 - Carbón y lignito: 0.5%

Tabla 12: Requisitos granulométricos del agregado grueso

N° ASTM	TAMAÑO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100	90	75	63	50	37.5	25	19	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18
		mm 4"	mm 3.5"	mm 3"	mm 2.5"	mm 2"	mm 1.5"	mm 1"	mm 3/4"	mm 1/2"	mm 3/8"	mm N°4	mm N°8	mm N°16
1	3 1/2"		90		25		0		0					
	a	100	a		a		a		a					
	1 1/2"		100		60		15		5					
2	2 1/2"				90	35	0		0					
	a			100	a	a	a		a					
3	1 1/2"				100	70	15		5					
	2"				90	35	0		0					
	a				100	a	a	a	a					
357	1"				100	70	15		5					
	2"				95		35		10			0		
	a			100	a		a		a			a		
4	N°4				100		70		30			5		
	1 1/2"					90	20	0		0				
	a				100	a	a	a	a			a		
467	3/4"					100	55	15		5				
	1 1/2"					95		35		10		0		
	a				100	a		a		a		a		
5	N°4					100		70		30		5		
	1"						90	20	0	0				
	a					100	a	a	a	a				
56	1/2"						100	55	10	5				
	1"						90	40	10	0		0		
	a					100	a	a	a	a		a		
57	3/8"						100	85	40	15		5		
	1"						95		25			0		0
	a					100	a		a		a	a		a
6	N°4						100		60			10		5
	3/4"							90	20	0		0		
	a						100	a	a	a	a			
67	3/8"							10	55	15		5		
	3/4"							90		20		0		0
	a						100	a		a	a	a		a
7	N°4							100		55		10		5
	1/2"								90	40		0		0
	a							100	a	a	a	a		a
9	N°4								100	70		15		5
	3/8"									85		10		0
	a								100	a	a	a		a
	N°8									100	30	10		5

Fuente. NTP 400.037

A.2.3. Hormigón (agregado global).

El agregado denominado hormigón, corresponde a una mezcla natural de grava y arena. El hormigón se usa para preparar concretos de baja calidad como el empleado en cimientos corridos, sobre cimientos, falsos pisos, falsas zapatas, calzaduras, algunos muros, etc.

En general solo podrá emplearse en la elaboración de concretos con resistencia en compresión hasta de 100 kg/cm² a los 28 días.

El contenido mínimo de cemento será de 255 kg/m³.

El hormigón deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica u otras sustancias dañinas para el concreto.

B. Características físicas de los agregados.

B.1. Análisis granulométrico (NTP 400.012, ASTM C 136). Se define como el estudio de la manera como se encuentran distribuidos los tamaños de las partículas del agregado.

B.2. Módulo de finura (NTP 334.045, ASTM C 136). Es el indicador del grosor predominante de las partículas de un agregado. Puede considerarse como un tamaño promedio ponderado, pero que no representa la distribución de las partículas. El módulo de finura, está en relación inversa a las áreas superficiales, por lo que la cantidad de agua por área superficial será menor, mientras mayor sea el módulo de finura. Para el caso del agregado fino, se calcula a partir del análisis granulométrico, sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100; y dividiendo dicha suma entre 100.

$$M. F = \frac{\% \text{ Ret. acum. tamices}(N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Para el caso del agregado grueso, se calcula a partir del análisis granulométrico, sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices: 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, más el valor de 500 y dividiendo dicha suma entre 100.

$$M. G. = \frac{\% \text{ Ret. acum. tamices}(1\frac{1}{2}" , 3/4" , 3/8" , N^{\circ}4) + 500}{100}$$

B.3. Peso específico y absorción (NTP 400.021-400.022, ASTM C 127-C128.

a. Peso específico de masa. Es la relación, a una temperatura estable, de una masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material); a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

Para el agregado fino, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe.m = \frac{W_{ms}}{S - V_a}$$

W_{ms} : peso en el aire de la muestra secada en el horno a 105°C

S : peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca

V_a : volumen de agua añadida.

Para el agregado grueso, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe.m = \frac{W_{ms}}{S - W_{ma}}$$

W_{ms} : peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C.

S : peso en el aire la muestra saturada de superficie seca.

W_{ma} : peso en el agua de la muestra saturada.

b. Peso específico de masa saturada superficialmente seca.

Es lo mismo que el peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua de los poros permeables.

Para el agregado fino, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe.m(S.S.S) = \frac{S}{S - V_a}$$

S : peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca.

V_a : volumen de agua añadida.

Para el agregado grueso, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe.m(S.S.S) = \frac{S}{S - W_{ma}}$$

S : peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

W_{ma} : peso en el agua de la muestra saturada.

c. Peso específico nominal o aparente.

Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire, de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas, si el material es un sólido, el volumen es igual a la porción impermeable.

Para el agregado fino, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe.a = \frac{W_{ms}}{(S - V_a) - (S - W_{ms})}$$

W ms: peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C.

S: peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

Va: volumen de agua añadida.

Para el agregado grueso, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe.a = \frac{W_{ms}}{W_{ms} - W_{ma}}$$

W ms: peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C.

W ma: peso en el agua de la muestra saturada.

d. Absorción.

Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergidos durante 24 horas en esta. La relación del incremento en peso al peso de la muestra seca expresado en porcentaje, se denomina porcentaje de absorción.

La absorción, depende de la porosidad, y es importante para las correcciones en las dosificaciones de la mezcla de concreto.

La absorción influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la resistencia a la abrasión y la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Abs = \frac{S - W_{ms}}{W_{ms}} \times 100$$

S: peso de la muestra saturada superficialmente seca

W ms: peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C.

B.4. Contenido de humedad (NTP 400.010, ASTM C-70).

Es el total de agua que contiene el agregado en un momento dado. Si se expresa como porcentaje de la muestra seca, se le denomina porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción

Los agregados se presentan en los siguientes estados: seco en el laboratorio, seco al aire, saturado superficialmente seco y húmedos; en los cálculos para el proporcionamiento de los componentes del concreto, se considera el agregado en condiciones de saturado superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial.

a. Seco en el laboratorio.

No existe humedad alguna en el agregado. Se consigue mediante un secado prolongado en una estufa a una temperatura de 105 más o menos 5°C.

b. Seco al aire.

Es característico de los agregados que se han dejado secar al medio ambiente, cuando existe algo de humedad en el interior del árido. Al igual que en el estado anterior, el contenido de humedad es menor que el porcentaje de absorción.

c. Saturado superficialmente seco.

Viene a ser el estado cuando todos los poros del agregado se encuentran llenos de agua. Es la condición ideal de un agregado, en el cual el agregado no absorbe ni sede agua al concreto.

d. Húmedo.

Existe una película de agua que rodea al agregado, llamada agua libre, y es la cantidad de agua en exceso. En este estado el contenido de humedad es mayor que el porcentaje de absorción. Es importante mencionar que el agregado fino retiene mayor cantidad de agua que el agregado grueso.

El contenido de humedad se calcula mediante la siguiente expresión:

$$w\% = \frac{A-B}{B} \times 100$$

A: peso de muestra húmeda.

B: peso de muestra seca

B.5. Peso unitario (NTP 400.017, ASTM C 29).

Es el peso del material seco que se necesita para llenar un recipiente de volumen unitario. También se le denomina peso volumétrico y se emplean en la conversión de cantidades de peso a cantidades de volumen y viceversa.

El peso unitario está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compactado).

a. Peso unitario seco suelto.

Es aquel en el que se establece la relación peso/volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado (5 cm. Aproximadamente), en un recipiente de volumen conocido y estable. Este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa.

b. Peso unitario seco compactado.

Este proceso es parecido al del peso unitario suelto, pero compactando el material en capas dentro del molde, este se usa en algunos métodos de diseño de mezcla como lo es el de American Concrete Institute.

Según la American Concrete Institute (ACI), existen dos procedimientos para determinar el peso unitario seco compactado. El método del apisonado, para agregados cuyo tamaño máximo no sea mayor de 3.8 cm y el método de vibrado, para agregados cuyo tamaño máximo está comprendido entre 3.8 cm y 10 cm.

B.6. Método del apisonado.

El agregado se coloca dentro de un recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente hasta colmarlo. Cada una de las capas se empareja con la mano y se apisona dicha muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes, distribuidos uniformemente en cada capa. La varilla de acero es de 16 mm de ancho y 60 cm de longitud, terminada en una semiesfera.

Al apisonar se aplica la fuerza necesaria para que la varilla atraviese solamente la capa respectiva.

Una vez colmado el recipiente se enrasa la superficie usando la varilla como regla y se determina el peso neto del agregado en kg; para finalmente obtener el peso unitario seco compactado del agregado, al multiplicar dicho peso por el factor (F), como se indica en los cálculos realizados de los agregados.

a. Método de vibrado.

El agregado se coloca en un recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente hasta colmarlo. Al terminar de colocar cada capa, se coloca el recipiente sobre la base firme y se inclina hasta que el borde opuesto al punto de apoyo diste unos 5 cm de la base. Luego se suelta, con lo que se produce un golpe seco y se repite la operación inclinando el recipiente por el borde opuesto. Estos golpes alternados se ejecutan 25 veces de cada lado, de modo que el número total es de 50 para cada capa y 150 para todo el conjunto. Al término, se enrasa la superficie del agregado con una regla o con la mano, de modo que las partes salientes se compensen con las depresiones en relación al plano de enrase, para finalmente obtener el peso unitario seco compactado.

B.7. Porcentaje que pasa por el tamiz N°200 (NTP 400.018, ASTM C 117).

Son materiales muy finos del agregado, se presentan en forma de recubrimientos superficiales (arcillas), o en forma de partículas sueltas (limo). La primera interfiere en la adherencia entre el agregado y el cemento, y la segunda incrementa la cantidad de agua de mezclado, logrando disminuir la resistencia.

Las partículas muy finas como la arcilla, el limo y el polvo de trituración pueden ser eliminadas de los agregados mediante el lavado de los mismos con agua potable o su similar.

El porcentaje que pasa por el tamiz N° 200, se calcula mediante tamizado por lavado en la malla N°200. A la pérdida en peso debido al lavado, calculado en porcentaje en peso de la muestra original.

B.8. Porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 (con lavado previo).

Se realizó el cálculo del material que pasa por el tamiz N° 200 tal cual se obtuvo de la cantera, utilizando la siguiente expresión:

$$\% \text{ Que pasa tamiz N}^\circ 200 = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

Wi: peso seco de la muestra original

Wf: peso seco de la muestra después del lavado

B.9. Porcentaje que pasa por el tamiz N°200 (con lavado previo).

Debido a la excesiva presencia de material fino en los agregados, se realizó un lavado previo de los mismos con agua potable de la red, utilizándose la siguiente expresión:

$$\% \text{ Que pasa tamiz N}^\circ 200 = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

Wi: peso seco de la muestra original

Wf: peso seco de la muestra después del lavado.

B.10. Resistencia a la abrasión (NTP 400.019-400.020, ASTM C 131).

Es la fuerza que presentan los agregados al ser sometidos a fuerzas de impacto, al desgaste por abrasión y frotamiento. Cuando la pérdida de peso se expresa en porcentaje de la muestra original, se le denomina porcentaje de desgaste.

El método de prueba usado es el de la Máquina los Ángeles, por su rapidez y porque se puede aplicar a cualquier agregado. La resistencia a la abrasión, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$De = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100$$

Wo: peso original de la muestra.

Wf: peso final de la muestra.

Para el cálculo de la resistencia a la abrasión, se escogerá una de las 4 graduaciones (A, B, C, D); establecidas por las aberturas de las tamices de la norma ITINTEC 350.001; y dependiendo el tipo de gradación se procederá al ensayo con un número determinado de esferas.

El número de esferas para el ensayo, deberán ser de fierro fundido, con un diámetro de 48 mm y entre 390 y 445 gr de masa.

Tabla 13. Gradaciones de muestras de ensayo.

TAMAÑO DE LOS TAMICES (ABERTURAS GRADUADAS)		PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (gr)			
PASA	RETENIDO	A	B	C	D
37.50 mm (1 ½")	25.40 mm(1")	1250+25			
mm(1")	19.00 mm (¾")	1250+25			
19.00 mm (¾")	12.70 mm (½")	1250+10			
mm (½")	mm (⅜")	1250+10	500+10		
9.51 mm (⅜")	6.35mm (¼")	_____	2500+10		
6.35 mm (¼")	4.76mm (N°4)	_____		2500+10	
4.76 mm (N°4)	2.36mm (N°8)	_____		2500+10	5000+10

Fuente: NTP 400.019-400.020, ASTM 131

Tabla 14: Carga abrasiva.

GRADACIÓN	NÚMERO DE ESFERAS	MASA DE LAS ESFERAS (G)
Método A	12	5000+25
Método B	11	4584+25
Método C	8	3330+25
Método D	6	2500+15

Fuente: NTP 400.019-400.020, ASTM 131

2.4.3. Cemento.

El cemento, es una sustancia conglomerante que mezclado con agregados pétreos (árido grueso o grava, más árido fino o arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica; la misma que fragua y se endurece al reaccionar con el agua, adquiriendo consistencia pétreo, denominado concreto. Su uso está muy generalizado en construcción civil, su principal función es la de aglutinante.

Riwa, (2000), define como cemento a los materiales pulverizados, que al adicionarlo una cantidad de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables.

Cemento portland (ASTM C 150).

Según NTP 334.009, se define como un aglomerante hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker, compuesto esencialmente de silicatos de

calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio con una adición de yeso y otro material durante la molienda.

A. Materias primas utilizadas en la elaboración del cemento portland.

Los dos materiales principales con que se fabrica el cemento portland son: la piedra caliza y arcilla.

B. Fases de la fabricación del cemento portland.

a. Extracción de materia prima.

A partir de explosiones a cielo abierto (Canteras), se extrae la piedra caliza, materia prima del proceso, mediante micro detonaciones controladas.

b. Trituración.

En la misma cantera, las rocas fragmentadas, que pueden llegar a medir un metro, se trituran en fases sucesivas para obtener fragmentos de hasta un máximo de 50 mm, que serán transportados a los parques de pre homogenización.

b. Pre homogenización y almacenamiento de materia prima.

Partiendo de las calidades y proporciones más o menos variables de piedra, tiene como finalidad conseguir desde el inicio del proceso una composición mineralógica uniforme y óptima.

c. Molienda de crudo.

La mezcla del material pre homogenizado, se transporta con medios mecánicos a los molinos de crudo, de barras o bolas de acero. La molienda tiene la finalidad de conseguir la composición química adecuada según el tipo de Clinker a producir y la granulometría deseada, con el mínimo consumo energético. Al mismo tiempo que la molienda, se realiza el secado de material, aprovechando y conduciendo los gases residuales del horno hacia los molinos.

d. Precalentamiento.

Antes de entrar en el horno, la harina de crudo homogenizada pasa por el intercambiador de ciclones de pre calcinación.

e. Clinkerización.

La harina de crudo pasa a los hornos rotatorios de calcinación, formada por grandes cilindros de acero recubiertos internamente de materia refractario. El

crudo sufre una serie de transformaciones físicas y químicas a medida que aumenta la temperatura, estas son:

- ✓ Secado, hasta los 150°C.
- ✓ Deshidratación de la arcilla, hasta los 500° C.
- ✓ Descarbonatación, entre 550°C y 1100°C.
- ✓ Clinkerización, entre 1300°C a 1500°C.

f. Enfriamiento.

El Clinker pasa de 1450°C a 140°C aproximadamente mediante parrillas de refrigeración o tubos satélite adosados al final del horno. Los gases liberados con el calor residual del horno se envían a los ciclones de pre calcinación en un proceso continuo.

g. Almacenamiento del Clinker.

El Clinker se almacena en grandes hangares o silos antes de llegar a la fase final del proceso de producción.

h. Yeso y adiciones.

Antes de efectuar la molienda del Clinker se dosifican cantidades variables de yeso (3%-10%) para alargar el tiempo del fraguado del cemento y de otras adiciones (filler calcáreo, cenizas, puzolanas, etc), con lo que se obtiene diferentes calidades de cemento según el proceso de construcción a los que serán destinados.

i. Molienda del cemento.

Una vez dosificados el yeso y las adiciones, los materiales se muelen y homogenizan dentro de molinos de bolas de acero, con lo que se obtiene el producto final: Cemento Portland.

j. Expedición.

El proceso de distribución del cemento se realiza en sacos de papel krap extensible tipo Klupac, generalmente compuesto de 2 a 3 capas y con capacidad de 25 a 45 kg; o a granel, mediante camiones cisterna que suelen transportar entre 28 y 30 toneladas.

C. Compuestos principales del Cemento Portland.

Los óxidos principales (C=CaO, S=SiO₂, A=Al₂O₃, F=FeO₃) constituyen prácticamente más del 90% en peso del Clinker. De los cuatro óxidos principales la cal es de carácter básico y los otros tres de carácter ácido, de

ellos la sílice y la cal son componentes activos, y la alúmina y el hierro actúan como fundentes.

Tabla 15. Porcentaje de variación de los compuestos de cemento:

NOMBRE DEL COMPUESTO	NOMENCLATURA	% DE VARIACION
Silicato tricálcico	C3S	40-60
Silicato dicálcico	C2S	15-30
Aluminio tricálcico	C3A	2-14
Ferro aluminato Tetracálcico	C4AF	8-12

Fuente: Norma ASTM, C 150, NTP 334.009

D. Clasificación del cemento portland.

El cemento portland, se fabrica en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de las especificaciones ASTM, de normas para el cemento portland (C 1560).

Tipo I: Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los 4 tipos de cemento.

Tipo II: Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.

Tipo III: Es el cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III, desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II.

Tipo IV: Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.

Tipo V: Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas ai agua de mar.

La norma ASTM C-1157 clasifica a los cementos portland adicionados en:

Tipo CU: Para construcciones en general.

Tipo MS: De moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo HS: De alta resistencia a los sulfatos

Tipo MH: De moderado calor de hidratación.

Tipo LH: De bajo calor de hidratación.

Tipo EH: De alta resistencia inicial.

E. Propiedades físicas del cemento portland.

a. Superficie específica o finura del cemento (NTP 334.002, ASTM C 150).

La finura es el tamaño de las partículas que componen el cemento; llamada también superficie específica, se expresa en cm²/gr y se dice que a mayor superficie específica, mejor y más rápido el tiempo de fraguado.

Entre mayor sea la superficie de contacto, mayor será la superficie del cemento, la superficie específica del cemento, está comprendida entre los valores de 2500 a 4500 cm²/gr.

b. Peso específico (NTP 334.005, ASTM C 150).

El peso específico o densidad aparente, expresa la relación entre el peso de una muestra de cemento y el volumen absoluto del mismo; se expresa en gr/cm³. Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{m}{V_{\text{absoluto}}}$$

Donde:

m= Peso de la muestra de cemento

V absoluto= Volumen de la materia sólida.

El peso específico del cemento es el valor usado en el diseño de mezcla; el cual debería estar comprendido entre los valores de 3.10 a 3.15 gr/cm³.

Cabe resaltar que un valor bajo de peso específico, nos indica poca presencia de Clinker y alta de yeso.

c. Consistencia normal del cemento (NTP334.003, ASTM C 150).

La consistencia normal del cemento se expresa como: un porcentaje en peso o volumen de agua con relación al peso seco del cemento, necesario para obtener una pasta con fluidez. Siendo esta una propiedad óptima de hidratación. Se expresa de la siguiente manera:

$$\% C. N. = \frac{W_{\text{agua}}}{W_{\text{cemento}}}$$

Donde:

W agua= peso del agua

W cemento= peso del cemento.

Por ejemplo 30% de consistencia normal de cemento, significa que por 100 gr de cemento hay que agregar 30 ml de agua. Lo que determina la consistencia normal de cemento es la viscosidad de la pasta (cemento), la lubricación de los agregados (concretos), entre otros factores. Siendo sus valores normales los comprendidos entre 24% y 32%.

d. Tiempo de fraguado (NTP 334.056, ASTM C 150):

d.1. Fraguado inicial:

Es el transcurrido desde la adición del agua hasta alcanzar el estado de plasticidad y dureza, en este tiempo la pasta se deforma por la acción de pequeñas cargas. Es el tiempo que disponemos para fabricar, transportar, vibrar y colocar el concreto en las obras.

d.2. Fraguado final:

Va desde el fraguado inicial hasta que la pasta se endurezca y se vuelva indeformable. En este caso, se produce la unión con los agregados en una mezcla de concreto.

d.3. Falso fraguado: (NTP 334.052, ASTM C 150).

Fenómeno que produce endurecimiento rápido y rigidez prematura anormal del cemento, durante los primeros minutos de su hidratación; restableciéndose las propiedades de la pasta en el transcurso del tiempo. El falso fraguado, se debe a dos factores fundamentales: s A la falta de adición de yeso suficiente al cemento. s A la falta de adición del Clinker mediante la fabricación.

e. Calor de hidratación (NTP 334.064, ASTM C 150).

Al reaccionar el agua con el cemento, genera un calor de hidratación en los procesos de fraguado y endurecimiento, incrementándose la temperatura del concreto, originando una rápida evaporación del agua, que lleva a la contracción del material y un ocasional agrietamiento.

Tabla 16: Calor de hidratación para cada tipo de cemento portland.

TIPO	CARACTERÍSTICA	% DE CALOR GENERADO
I	Uso general	100
II	Moderada resistencia a los sulfatos	80 a 85
III	Desarrollo de altas resistencias iniciales	150
IV	Desarrollo de bajo calor de hidratación	40 a 60
V	Alta resistencia a los sulfatos	60 a 95

FUENTE: NTP 334.064, ASTM C 150

f. Estabilidad de volumen (NTP 334.004, ASTM C 150).

Un cemento es estable, cuando ningún elemento principal experimenta expansión perjudicial o destructiva después del fenómeno de hidratación. Pero generalmente el concreto endurecido presenta ligeros cambios de volumen (retracción), debido a variaciones en la temperatura, en la humedad, en los esfuerzos aplicados, entre otros. Estos cambios de volumen o de longitud pueden variar de aproximadamente 0.01% hasta 0.08%. Los principales factores que afectan la estabilidad del cemento son:

- Composición química.
- Finura del cemento.
- Cantidades de agregado empleado.
- Tamaño y forma de la masa de concreto.
- Temperatura y humedad relativa del medio ambiente.
- Condiciones de curado.
- Grado de hidratación y tiempo transcurrido.

g. Resistencia mecánica (NTP 334.051, ASTM C 150).

Es la propiedad más importante del cemento endurecido en cuanto a los requisitos estructurales, la resistencia mecánica debe ser a la tracción, flexión y compresión. Es un requisito que debe cumplir todo cemento, se mide a la compresión y la cantidad de cemento.

La resistencia a la compresión se hace sobre mortero (agua + cemento + arena), en cubos de 2" x 2" x 2", la proporción de la mezcla debe ser 1:3 en volumen. A los 28 días adquiere la resistencia al 100%.

h. Control de calidad del cemento.

Las empresas de cemento han incorporado criterios sobre control de calidad, que permiten que permitan obtener productos de elevadas cualidades. Dichas plantas cuentan con modernos laboratorios para ensayos y análisis de las materias primas. Los ensayos de rutina de carácter químico, físico y mecánico se ejecuta paralelamente a técnicas modernas como: difracción de rayos X, absorción atómica, la espectrofotometría, los rayos láser, entre otros.

i. Almacenamiento del cemento.

Según Rivva (2000), el cemento puede conservarse indefinidamente, sin deteriorarse, en la medida que esté protegido de la humedad, incluyendo la existente en el aire. En las plantas de hormigón, en las obras y en el transporte de larga duración, el cemento tiende a deteriorarse, por lo que deben observarse ciertas precauciones para su almacenamiento.

i.1. Cemento en bolsas. Rivva (2000), recomienda para el almacenamiento de cemento en bolsas, tener en cuenta los siguientes criterios:

- Se almacenara en un lugar techado, fresco, con ventilación adecuada, libre de humedad y protegido de la externa, sin contacto con el agua o suelo.
- Las bolsas se almacenaran en pilas hasta de diez a fin de facilitar su control y manejo y se cubrirán con material plástico u otro medio de protección adecuado.
- No se aceptara en obra bolsas cuya envoltura esté deteriorada o perforada, que presenten humedad, o aquellas cuyo peso no corresponda a la norma.

i.2. Cemento a granel:

Rivva, (2000), recomienda para el almacenamiento de cemento a granel, tener en cuenta los siguientes criterios:

- Se almacenara en sitios metálicos cerrados, a fin de garantizar sus propiedades e impedir cambios en su composición u propiedades físico-químicas.
- Los sitios deberán ser aprobados por la supervisión, debiendo su geometría facilitar la salida del material e impedir el ingreso de humedad o sustancias contaminantes.
- Deberá tenerse especial cuidado durante el traslado del cemento de los camiones a los silos, a fin de evitar que se humedezca o contamine con sustancias extrañas.

j. Indicaciones de seguridad.

Según Rivva (2000), los operarios deberán proteger sus ojos y piel del cemento y mezclas, ya que el cemento puede causar serias dermatitis y daño a los ojos. Cuando el contacto ocurre las áreas afectadas deben ser limpiadas rápidamente con agua. Si el cemento o la mezcla caen en los ojos, la persona deberá recibir atención médica inmediata.

k. Muestreo del cemento (NTP 334.037).

El muestreo consiste en obtener una porción representativa del cemento en estudio, incluye las operaciones, identificación y transporte de las muestras.

Cuando el cemento se suministra en sacos, el muestreo se realiza en el vehículo de transporte o en el almacenamiento, directamente de los envases cerrados del cemento que fue expedido.

Cuando el cemento se mantenga a granel, el muestreo se realiza en los vehículos de transporte, en la banda transportadora que descarga el cemento en el lugar de almacenamiento, o en las tolvas, silos u otros depósitos donde este se almacena.

2.4.4. 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.

CONCRETO= CEMENTO PORTLAND + AGREGADO + AIRE + AGUA

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

Ã. Características:

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.
- Desventajas del concreto:
- 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 la 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.

B. Materiales componentes del concreto.

Los componentes del concreto son:

B.1. Ligantes:

Cemento

Agua

B.2. Agregados:

Agregado fino: arena

Agregado grueso: grava, piedra chancada, confitillo, escoria de hornos

Además se debe tener en cuenta que:

Cemento + agua = pasta

Agregado fino + agregado grueso = Hormigón

Las operaciones en la producción del concreto, variaran de acuerdo con el género de la obra que lo requiere y con el tipo de concreto que se produzcan.

Las etapas principales para la producción de un buen concreto son:

- ✓ Dosificación
- ✓ Mezclado
- ✓ Transporte
- ✓ Colocación

- ✓ Consolidación
- ✓ Curado

C. Tipos de concreto.

C.1. Concreto simple.

Es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso debe 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.

C.2. Concreto armado.

Se denomina así al concreto simple cuando este 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.

Concreto simple + armadura = Concreto armado.

C.3. 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.

C.4. Concreto ciclópeo.

Se denomina así al concreto simple que esta complementado con piedras desplazadoras de tamaño máximo de 10", cubriendo hasta el 30% como máximo, del volumen total. Las piedras deben estar introducidas previa selección y lacado, con el requisito indispensable de que cada piedra, en su ubicación definitiva debe estar totalmente rodeada de concreto simple.

Concreto simple + Piedra desplazadora = Concreto ciclópeo.

C.5. Concretos livianos.

Son preparados con agregados livianos y su peso unitario varía desde 400 a 1700 k/m³.

C.6. 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.

C.7. Concretos pesados.

Son preparados utilizando agregados pesados, alcanzando el peso unitario valores entre 2800 a 6000 kg/m³.

Para fabricar este concreto, generalmente se utilizan agregados como: las baritas, minerales de hierro (magnetita, limonita y hematita). También se utiliza agregados artificiales como: fosforo de hierro y partículas de acero.

La aplicación principal de los concretos pesados la constituye la protección biológica contra los efectos de las radiaciones nucleares. También se utiliza en paredes de bóveda y cajas fuertes, en pisos industriales y en la fabricación de calentadores para desechos radiactivos.

C.8. 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.

C.9. Concreto prefabricado.

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

C.10. Concreto bombeado.

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

D. Naturaleza del concreto.

D.1. Naturaleza física.

El concreto endurecido, consiste principalmente de agregados minerales y pasta de cemento endurecida, siendo función de esta última, entre otras, separar las piezas individuales de agregado y adherirse firmemente a ellas.

De acuerdo a lo expresado podría considerarse a la pasta de cemento endurecida como una fase continua, en la medida que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto del concreto.

De manera similar, el agregado podría considerarse como la fase discontinua o dispersa, dado que las piezas individuales de agregado generalmente no están

en contacto unas con otras debido a que normalmente están separadas por espesores diferentes de la pasta endurecida.

D.2. Porosidad.

Además de los dos constituyentes principales mencionados, pasta y agregado, existen en el concreto cantidades variables de espacios vacíos, los cuales no contienen materia sólida pero que, bajo determinadas circunstancias, pueden ser llenadas con agua parcial o totalmente.

Por razones de facilidad de definición y estudio, estos espacios vacíos pueden ser divididos en diversas categorías, definidas por su tamaño promedio o por su ubicación, aunque es importante señalar que no existe una línea de demarcación definitiva que separe un rango de tamaños de otros.

Los espacios vacíos presentes en el concreto, pueden ser distinguidos en cinco grupos siguientes:

- ✓ Espacios debido al aire atrapado.
- ✓ Espacios debido al aire incorporado.
- ✓ Poros capilares
- ✓ Poros Gel.
- ✓ Poros en el agregado.

D.2.1. Porosidad por Aire Atrapado.

Son relativamente grandes vacíos de aire que suelen presentarse en la masa del concreto, también conocidos como aire atrapado, son parte inevitable de todos los concretos.

Estos vacíos pueden variar en tamaño, desde aquellos escasamente visibles al ojo no experimentado hasta aquellos de un centímetro o más de diámetro.

Su perfil suele ser irregular y normalmente se presentan en el orden de un mínimo del 1% en el concreto.

D.2.2. Porosidad por Aire Incorporado.

En el concreto pueden existir vacíos intencionalmente incorporados, mediante un empleo de un agente incorporado de aire.

Estos vacíos generalmente de perfil esférico

D.2.3. Poros Capilares.

Son espacios inicialmente de agua en el concreto fresco, que en la hidratación del cemento, no se han ocupado por el gel. Dependen de la relación agua/cemento, del grado de hidratación de la pasta; son de tamaño submicroscópico, contienen agua que pueden congelarse.

Conforme aumenta el número de poros capilares, la resistencia es menor, tendiendo a aumentar la porosidad, permeabilidad y absorción del concreto.

D.2.4. Poros Gel.

Durante la formación del gel, existen poros que quedan atrapados dentro de este, aislados unos de otros y del exterior. Se presentan en el gel, independientemente de la relación agua/cemento y del grado de hidratación, ocupando el 28% aproximadamente de la pasta.

D.2.5. Poros en el Agregado.

Son vacíos porosos y permeables, varían de acuerdo a los diferentes tipos de rocas, entre el 0.3% y el 20%.

Rivva (2000), considera que el problema se presenta en partículas de agregado grueso con altos valores de porosidad o absorción, causados principalmente por poros de tamaño medio en el rango de 0.1 a 5 μm , los cuales son fácilmente saturados y conllevan al deterioro del concreto.

D.3. Relación Agua/Cemento.

La relación agua /cemento, para el diseño de la mezcla, será el menor valor requerido para cubrir la muestra de diseño. Si la durabilidad no rige el diseño, la relación agua/cemento, deberá elegirse en base a la resistencia a la compresión del concreto.

Por la facilidad con que se determina, la resistencia a la compresión es la más universalmente utilizada para la calidad del concreto, pero otras propiedades como: durabilidad, permeabilidad y la resistencia al desgaste pueden tener igual o mayor importancia. La resistencia del concreto, depende de la cantidad y calidad de los componentes reactivos y del grado de hidratación.

El concreto, es más resistente con el tiempo, si existe humedad disponible y temperatura favorable. Luego una resistencia a cualquier edad, no está en función de la relación agua/cemento original, sino del grado de hidratación que alcance el cemento.

La importancia de un curado preciso y completo se reconoce fácil a partir de este análisis.

Las diferentes resistencias para una relación agua/cemento dada, puede deberse a los cambios en el tamaño del agregado, granulometría, textura superficial, forma, resistencia, rigidez, contenido de aire incluido, presencia de aditivos y del curado.

D.4. Influencia de la relación Agua-Cemento.

El total de concreto endurecido, está determinada por la cantidad de agua utilizada con el cemento. A continuación se presenta algunas ventajas que se obtienen al reducir el contenido del agua:

- Se incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Tiene menor permeabilidad, por ende mayor hermeticidad y menor absorción
- Incrementa la resistencia al intemperismo
- Logra mejor unión entre capas sucesivas, entre el concreto y el esfuerzo
- Reducen las tendencias de agrietamiento por contracción.

Entre menos agua se utilice, se tendrá mejor calidad de concreto, pero con vibración. Las mezclas más rígidas, son las más económicas. Por tanto, el refuerzo del concreto por vibración permite una mejora en la calidad del concreto y en la economía

E. Propiedades del concreto:

E.1. Trabajabilidad.

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.

No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad, generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia.

E.2. Consistencia:

Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada.

Tabla 17: Clases de mezcla según su asentamiento:

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	METODO DE COMPACTACION
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable Muy	Vibración ligera chuseado
Fluida	>5"	trabajable	Chuseado

Fuente: Rivva López E, 2010

Limitaciones de aplicación:

El ensayo de Abrans solo es aplicable en concretos plásticos, con asentamiento normal. No tienen interés en las siguientes condiciones:

- ✓ En el caso de concretos sin asentamiento, de muy alta resistencia.
- ✓ Cuando el contenido de agua es menor de 160 lts por m³ de mezcla.
- ✓ En concretos con contenido de cemento inferior a 250 kg/m³
- ✓ Cuando existe un contenido apreciable de agregado grueso de tamaño máximo que sobrepasa las 2.5"

E.3. Segregación:

Rivva (2000), define la segregación como la descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero, lo que es entendible si se considera que el concreto es una mezcla de materiales de diferentes tamaños y gravedades específicas, por lo que se generan al interior del mismo fuerzas las cuales tienden a separar los materiales componentes cuando la mezcla aún no ha endurecido. El resultado de la acción de estas fuerzas es definido como segregación.

El ingeniero Flavio Abanto Castillo, en su libro Tecnología del Concreto, define a la segregación como la propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes, o lo que es lo mismo la separación del agregado grueso del mortero.

Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc.

La segregación, es una función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuando más húmeda es esta y menor cuando más seca lo es.

En el proceso de diseño de mezclas, es necesario tener siempre presente el riesgo de segregación, pudiéndose disminuir este, mediante el aumento de finos (cemento o agregado fino) y de la consistencia de la mezcla.

Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. La segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo, el traqueteo de las carretillas con rueda metálicas tiende a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la lechada asciende a la superficie. Cuando se suelta el agregado de alturas <mayores de 1/4 metro, el efecto es semejante, también se produce segregación cuando se permite que el concreto corra por canaletas o en el excesivo vibrado de la mezcla.

E.4. Cohesividad:

Rivva (2000), define la cohesividad como aquella propiedad del concreto fresco gracias a la cual es posible controlar el peligro de segregación, durante la etapa de colocación de la mezcla, al mismo tiempo que contribuye a prevenir la aspereza de la misma y facilitar su manejo durante el proceso de compactación del concreto.

E.5. Resistencia:

La resistencia del concreto, no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión.

Se emplea la resistencia a la compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran al incrementarse esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto, es la carga máxima por unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura).

La resistencia a la compresión de un concreto (f_c) debe ser alcanzado a los 28 días, después de vaciado y realizado el curado respectivo.

F. Factores que afectan la resistencia:

F.1. La relación agua-cemento (a/c).

Es el factor principal que influye en la resistencia del concreto. La relación (a/c), afecta la resistencia a la compresión de los concretos con o sin aire incluido. La resistencia en ambos casos disminuye con el aumento de a/c.

F.2. El contenido de cemento.

La resistencia disminuye conforme se reduce el contenido de cemento.

F.3. El tipo de cemento.

La rapidez de desarrollo de la resistencia varía para los concretos hechos con diferentes tipos de cemento.

F.4. Las condiciones de curado.

Dado que las reacciones de hidratación del cemento solo ocurren en presencia de una cantidad adecuada de agua, se debe mantener la humedad en el concreto durante el periodo de curado, para que pueda incrementarse su resistencia con el tiempo.

Ley de Gilkey:

Para un cemento dado y agregados aceptables, la resistencia que puede ser desarrollada por una mezcla de cemento, agregados y agua, trabajable y adecuadamente colocable, bajo similares condiciones de mezclado, curado y ensayo, está influenciado por:

- La relación del cemento al agua de la mezcla.
- La relación del cemento al agregado.
- La granulometría, textura superficial, perfil, resistencia y dureza de las partículas del agregado.
- El tamaño máximo del agregado.

Ley de Powers:

La resistencia del concreto es función del grado de hidratación del cemento, de la relación gel/espacio ocupada por el gel y de la relación agua/cemento. Es decir:

$$S = 2380 X^2$$

$$\text{Siendo } X = \frac{0.64a}{.319a+a/c}$$

Donde:

S: Resistencia del concreto a los 28 días, expresado en kg/cm².

X: Relación gel/espacio.

a: Grado de hidratación del cemento.

a/c: Relación agua/cemento.

F.5. Exudación:

Rivva (2000), define la exudación como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos. El proceso se inicia momentos después que el concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrado y continua hasta que se inicia el fraguado de la mezcla, se obtiene máxima consolidación de sólidos, o se produce la ligazón de las partículas.

El Ingeniero Flavio Abanto Castillo, en su libro Tecnología del Concreto, define a la exudación como el ascenso de una parte de agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos.

Este fenómeno, se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado.

La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua en la misma, de la utilización de aditivos, y de la temperatura, en la medida en que a mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación. La exudación es perjudicial para el concreto, pues como consecuencia de este fenómeno la superficie de contacto durante la colocación de una capa sobre otra puede disminuir su resistencia debido al incremento de la relación agua/cemento en esta zona.

Como producto del ascenso de una parte de agua de mezclado, se puede obtener un concreto poroso y poco durable.

F.5.1. Velocidad de exudación:

Es la velocidad con la que el agua se acumula en la superficie del concreto.

F.5.2. Volumen total exudado:

Es el volumen total del agua que aparece en la superficie del concreto.

Un ensayo muy sencillo se utiliza para para cuantificar la exudación y consiste en llenar de concreto un molde de tres capas con 25 golpes cada capa, dejándose una pulgada libre en la parte superior.

Una vez que se ha terminado de llenar el molde, empezara el fenómeno de exudación, haciéndose lecturas del volumen parcial de agua exudada cada 10 minutos, durante los primeros 40 minutos y cada 30 minutos, hasta que la mezcla deje de exudar. Existen dos formas de expresar la exudación:

✓ **Por unidad de área:**

$$Exudación = \frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Área de la superficie libre del concreto}}$$

Las unidades a utilizarse son mililitros por centímetros cuadrado (ml/cm²).

✓ **En porcentaje:**

$$Exudación = \frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Volumen de agua de la mezcla en el molde}} \times 100$$

El peso del agua en el molde se halla de la siguiente manera:

$$Vol. \text{ agua en molde} = \frac{\text{Peso del concreto en el molde}}{\text{Peso total de la tanda}} \times Vol. \text{ de agua en la tanda}$$

F.6. Durabilidad.

El concreto, debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto, pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2 a 6% de aire con el agente inclusos de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie.

Los agentes químicos, como ácidos inorgánicos, ácidos acético y carbónico y los sulfatos de calcio, sodio, magnesio, potasio, aluminio y hierro, desintegran o dañan el concreto. Cuando puede ocurrir contacto entre estos agentes y el concreto, se debe proteger el concreto con un recubrimiento resistente; para lograr resistencia a los sulfatos, se debe usar cemento portland tipo V. La resistencia al desgaste, por lo general, se logra con un concreto denso, de alta resistencia, hecho con agregados duros.

F.7. Impermeabilidad.

Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua

deja vacíos y cavidades después de la evaporación y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire (burbujas diminutas) así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad.

G. Proporcionamiento de mezclas de concreto normal:

G.1. Alcance:

- Se presentaran dos métodos para la selección de proporciones (dosificación) de mezclas para concretos preparados con agregados de densidad normal y de adecuada trabajabilidad.
- Estos métodos proporcionan una primera aproximación de las proporciones de la mezcla, con el propósito de ser comprobado, preparando y ensayando mezclas de prueba en el laboratorio o en obra, debiendo ser ajustado si es necesario para producir las características deseadas del concreto.

G.2. Introducción:

- El concreto está compuesto especialmente de cemento, agregados y agua. Contendrá una cierta cantidad de aire atrapado, y podrá también contener aire incorporado intencionalmente, obtenido mediante el uso de un aditivo o de cemento incorporador de aire. Podrá también usarse otros aditivos con la finalidad de alterar determinadas propiedades, tanto en su estado fresco como endurecido.
- La selección de las proporciones del concreto, implica un balance entre economía razonable y requerimiento de ciertas características, las cuales están regidas por el uso futuro del concreto y las condiciones esperadas a ser encontradas en el momento de la colocación de la mezcla. Estas son a menudo, pero no siempre expresadas en las especificaciones de trabajo.
- Las proporciones obtenidas por cualquiera de los dos métodos a explicarse, deben siempre chequearse preparando mezclas de prueba. Este chequeo puede hacerse en el laboratorio o en obra, este último procedimiento evita posibles errores derivados de asumir que los valores obtenidos de las pequeñas mezclas preparadas en un ambiente de laboratorio son representativas del comportamiento del concreto en obra.

G.3. Consideraciones:

- Las proporciones de la mezcla de concreto, deben ser seleccionadas para proporcionar la manejabilidad, resistencia y durabilidad necesarias para el trabajo específico que se está realizando.
- La manejabilidad, incluyendo propiedades satisfactorias de acabado, abarca rasgos vagamente definidos en los términos de trabajabilidad y consistencia.
- Se reconsiderara a la trabajabilidad como la propiedad del concreto que determina su capacidad de ser colocado, compactado y acabado sin la presencia perjudicial de segregación, lo cual involucra los conceptos de plasticidad, cohesividad y compactibilidad.
- La trabajabilidad de una mezcla depende de la granulometría, perfil y proporciones del agregado, de la cantidad de cemento, de la presencia de aire incorporado, los aditivos y de la consistencia.
- Los procedimientos de diseño de estas recomendaciones toman en cuenta estos factores, con el fin de obtener una manejabilidad económicamente satisfactoria.
- Se considerara a la consistencia como la propiedad que determina el grado de humedad de la mezcla del concreto. Se cuantificara en términos del asentamiento de la misma, en la medida de que a mayor asentamiento implicara una mezcla más húmeda. La consistencia esta relaciona con la trabajabilidad, pero no es sinónima de esta.
- En concretos adecuadamente proporcionados; el contenido unitario de agua requerido para producir un asentamiento deseado depende de diversos factores, así pues:
 - ✓ El requerimiento de agua es mayor cuanto más angular y rugosos son los agregados usados, desventaja que se encuentra compensada por la mejor adherencia de la pasta de cemento a los mismos.
 - ✓ El requerimiento de agua disminuye cuando mayor es el tamaño máximo del agregado usado bien graduado.
 - ✓ El requerimiento de agua disminuye con la incorporación del aire y puede ser significativamente reducido por el uso de ciertos aditivos.
- En cuanto a la resistencia podemos decir que es una característica muy importante del concreto, pero otras características tales como durabilidad,

permeabilidad y resistencia al desgaste son con frecuencia iguales o más importantes.

Estas propiedades lógicamente están relacionadas con la resistencia de modo general, pero están también afectadas por factores que no están significativamente asociados con dicha propiedad.

Para un conjunto dado de materiales y condiciones de trabajo, la cantidad neta de agua utilizada por unidad de cemento, determina la resistencia del concreto. Esta cantidad neta de agua incluye el agua absorbida por los agregados.

Para una relación agua/cemento dado, las diferencias en las resistencias, pueden deberse a cambios en:

- ✓ El tamaño máximo del agregado, en la medida en que un incremento en el tamaño máximo del agregado, implica una reducción de la resistencia del concreto.
- ✓ La granulometría, textura superficial, forma, resistencia y dureza de los agregados.
- ✓ El tipo y marca del cemento.
- ✓ El contenido de aire de la mezcla, en la medida en que un incremento en el contenido de aire, implica una reducción de la resistencia del concreto.
- ✓ El uso de aditivos que afecten el proceso de hidratación del cemento o desarrollen propiedades cementantes por sí mismos.

Estos efectos han sido tomados en cuenta en estas recomendaciones, en la medida en que son predecibles de manera general. Sin embargo en vista de su número y complejidad, una predicción exacta de resistencia, deben basarse en coladas de ensayo o en experiencias previas, con los materiales que van a ser empleados.

En cuanto a durabilidad, el concreto debe ser capaz de resistir aquellas condiciones de exposición que podrían privarlo de su utilidad como son: congelación y deshielo, humedecimiento y secado, calentamiento y enfriamiento, productos químicos, agentes descongelantes etc.

La resistencia a alguno de estos factores puede ser incrementado por el uso de ingredientes especiales, tales como: cemento de bajo contenido de álcalis, puzolanas, o agregado seleccionado para prevenir las expansiones peligrosas, debidas a la reacción álcali-agregado, lo cual ocurre con aquellas zonas donde el concreto está expuesto a un ambiente húmedo, cemento resistente a los

sulfatos o puzolanas para concretos expuestos al agua de mar o suelos sulfatados, o el empleo de agregados libre de una cantidad excesiva de partículas blandas en aquellos casos en que se necesita una resistencia a la abrasión superficial.

El empleo de una relación agua-cemento bajo, reducirá la penetración de líquidos agresivos, prolongando por lo tanto la vida del concreto, la resistencia al intemperismo severo, especialmente a la congelación y deshielo es mejorado con la incorporación de una cantidad adecuada de aire, tal es así que para concretos expuestos a climas donde ocurre congelamiento deberá usarse aire incorporado.

G.4. Información para el diseño de mezclas.

Siempre que sea posible, la dosificación del concreto deberá basarse en datos obtenidos de experiencias en laboratorio, en la cuales han sido utilizadas a ser empleados en obra, si esta información es limitada, o en el peor de los casos, no se dispone de una información, las estimaciones dadas en estas recomendaciones pueden ser empleadas.

Será útil la siguiente información de materiales disponibles:

- ✓ Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.
- ✓ Peso unitario del agregado grueso.
- ✓ Peso específico de masa, porcentaje de absorción y humedad de los agregados a utilizarse.
- ✓ Tipo y marca del cemento portland escogido. Peso específico del cemento portland.
- ✓ Requerimientos de agua de mezclado, en base a experiencias con los agregados disponibles (*).
- ✓ Relaciones entre la resistencia y la relación agua-cemento, para las combinaciones posibles de cemento y agregado

En lo que respecta al diseño de mezcla

1º La obtención de los pesos de la mezclas de concreto especificado, se hace siguiendo una secuencia de pasos lógicos y directos, los cuales, acomodan las características de los materiales disponibles, en una mezcla adecuada para el trabajo.

El problema de la educabilidad, no se deja frecuentemente al criterio de quien va a diseñar la mezcla.

Las especificaciones con que el diseñador cuenta, pueden ser algunas o todas las siguientes:

- ✓ Máxima relación agua-cemento.
- ✓ Máximo contenido de cemento.
- ✓ Contenido de aire.
- ✓ Asentamiento (slump).
- ✓ Tamaño máximo de agregado.
- ✓ Resistencia
- ✓ Otros requerimientos, tales como de resistencia de, aditivos y tipos especiales de cemento o agregados.

2º Prescindiendo si las características del concreto son dadas en las especificaciones o son dejadas al criterio de quien diseña las mezclas, obtendremos los pesos de las mezclas por metro cubico de concreto de la siguiente manera:

▪ **Selecccionado del asentamiento.**

Si las especificaciones de obra no dan el asentamiento de la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla N° 1, podemos seleccionar un valor adecuado para el determinado trabajo que se va a realizar.

Se deben usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

Tabla 18: Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.

TIPOS DE CONSTRUCCION	MAXIMO *	MINIMO
- Zapatas y muros de cimentación reforzados.	3"	1"
- Zapatas simples, cajones y muros de subestructura.	3"	1"
- Vigas y muros reforzados.	4"	1"
- Columnas de edificios.	4"	1"
- Pavimentos y losas.	3"	1"
- Concreto ciclópeo.	2"	1"

Fuente: Rivva López E, 2010

Estos valores de asentamiento mostrado, se aplicarán cuando el método de consolidación utilizado sea vibración

*Cuando se utilizan métodos de consolidación del concreto, diferentes de vibración, estos valores pueden ser incrementados en 1".

Concretos bombeables deben tener como mínimo 5" de asentamiento (slump); como se indica:

TABLA 19: Consistencia de la mezcla de concreto Vs. asentamiento

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	≥ 5"

Fuente: Rivva López E, 2010

▪ **Selección del tamaño máximo del agregado.**

Los concretos con mayor tamaño de agregados, requieren menos mortero por unidad de volumen de concreto que tamaños menores.

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

- 1/5 de la dimensión más angosta entre caras del encofrado.
- 1/3 del espesor de las losas.
- % de la distancia libre entre barras o paquetes de barras o cables pretensores.

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

▪ **Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.**

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto necesaria para obtener el asentamiento deseado, depende del tamaño máximo, perfil, textura y granulometría de los agregados, así como la cantidad de aire incorporado, no siendo apreciablemente afectada por la cantidad de cemento.

La tabla N° 20, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

Como se observa en la tabla N° 20, no toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados.

Debemos hacer presente que estos valores tabulados son suficientemente aproximados para una primera estimación y que dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar algo por encima o por debajo de dichos valores.

Estas diferencias en las demandas de agua no repercuten necesariamente en la resistencia final del concreto debido a que otros factores de compensación están involucrados. Así pues por ejemplo, podemos esperar que dos tipos de agregados, uno redondo y otro angular, ambos bien graduados y de buena calidad, produzcan concretos de muy similar resistencia a la compresión para el mismo factor de cemento a pesar de las diferentes cantidades de agua de mezclado requerido (como consecuencia de las diferentes relaciones agua-cemento utilizadas). Podemos concluir diciendo que las formas de las partículas de un agrado no es un índice de la calidad de producción de resistencia.

La tabla N° 20, nos muestra además, la cantidad aproximada de aire atrapado y el promedio recomendado del contenido total de aire para concretos en los cuales el aire es incorporado intencionalmente por razones de durabilidad.

Es necesario recordar que concretos con aire incorporado, deberá siempre usarse para estructuras expuestas a ciclos de congelación y deshielo y generalmente para estructuras expuestas al agua de mar o sulfatos.

Tabla 20: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.*

ASENTAMIENTO O SLUMP	Agua en lt/m ³ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2'	3'	6'
Concretos Sin Aire Incorporado								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	
Cantidad aproximada de aire atrapado, en porcentaje.	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	—
Promedio recomendado para el contenido total de aire, en porcentaje.	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: Rivva López E, 2010

(*) Estas cantidades de agua de mezclado se utilizaran en el cálculo del factor cemento en mezclas de prueba. Son valores máximos para agregado grueso angular y bien formado, y cuta granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C 33 o INTINTEC 400.037). Los valores del asentamiento en concretos que contienen agregados con tamaño máximo mayor de 1 V₂ están basados en ensayos de asentamiento hechos después de retirar, por cernido húmedo las partículas mayores de 1 1/2".

▪ **Selección de la relación agua-cemento (a/c).**

La relación agua-cemento requerido es determinada teniendo en consideración no solamente la resistencia sino también factores como durabilidad y propiedades de acabado del concreto.

Desde que diferentes agregados y cementos, producen generalmente diferentes resistencias para una misma relación agua-cemento, es muy útil tener o desarrollar las interrelaciones entre la resistencia y la relación agua - cemento para los materiales a ser usados en la preparación de la mezcla.

En el caso de no contar con estos datos, valores aproximados y relativamente conservadores para concretos preparados con cemento portland tipo I pueden ser tomados de la tabla N° 3 si en la preparación del concreto se utilizan materiales típicos, entonces la relación agua- cemento tabuladas producirán las resistencias mostradas, las cuales se han obtenido ensayando muestras a los 28 días, curados bajo condiciones estándares de laboratorio.

Tabla 21: Relación agua-cemento y resistencia a la compresión del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'_{cp}) (kg/cm ²)*	RELACIO AGUA-CEMENTO DE EDISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	—
400	0.43	—
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Rivva López E, 2010

$$f'_{cp} = \frac{f'_c}{1 - T_v}$$

*Los valores corresponden a resistencias promedio estimadas para concretos que no contengan más del porcentaje de aire mostrado en la tabla N° 21. Para una relación agua-cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire.

La resistencia promedio que se seleccione, deberá exceder a la resistencia especificada por el proyectista en un margen suficiente como para mantener el número de ensayos dentro de los límites especificados. La resistencia promedio (f'_{cp}) que se seleccione, deberá exceder a la resistencia especificada en los planos (f_e) por el proyectista, en un margen suficiente como para mantener el número de ensayos dentro de los límites especificados. Se calculara la relación agua-cemento para el (f_{cp}).

Para condiciones de exposición severa, la relación agua-cemento deberá mantenerse baja, aun cuando los requerimientos de resistencia puedan

cumplirse con valores mayores. En la tabla N° 22 se muestran los máximos valores.

Tabla 22: Máximas relaciones agua-cemento permisible para concretos sometidas a exposición severa*

TIPO DE ESTRUCTURA	Estructuras que están continua o frecuentemente húmedas y expuesta a congelación y deshielo	Estructuras al agua de mar o sulfatos
Secciones delgadas y todas aquellas secciones con menos de 3 cm. De recubrimiento.	0.45	0.40*
Cualquier otro tipo de estructura.	0.45	0.40**

Fuente: Rivva López E, 2010

*El concreto deberá ser con aire incorporado.

**Si es usado cemento resistente a los sulfatos (tipo II o tipo V de la norma ASTM C150), la relación agua-cemento permisible puede ser aumentado en 0.05.

Las resistencias se basan en cilindros de prueba de 15 x 30 cm, de curado húmedo durante 28 días, a una temperatura de 23°C, de acuerdo con la sección 9(b) de la norma ASTM C31, que indica cómo hacer y curar especímenes para pruebas de compresión y flexión del concreto en obra. Las resistencias de los cubos de prueba serán mayores aproximadamente en 20%.

Las relaciones mostradas han sido obtenidas para un tamaño máximo del agregado comprendido entre y 1" para una cantera dada. Se debe tener en cuenta que la resistencia producida por una relación agua-cemento dada se incrementara conforme el tamaño máximo del agregado disminuye.

▪ **Cálculo del contenido del Cemento.**

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto, es igual al agua de mezclado (paso 3) dividido entre la relación agua-cemento (paso4).

$$\text{Contenido de cemento (en } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\text{)} = \frac{\text{Agua de mezclado (kg/m}^3\text{)}}{\text{Relación } \frac{\text{a}}{\text{c}} \text{ (para } f'_{\text{cp}}\text{)}}$$

Si las especificaciones indican un contenido mínimo de cemento, además de los requerimientos de resistencia y durabilidad, la mezcla deberá diseñarse con aquel criterio que conduzca a una mayor cantidad de cemento.

El empleo de aditivos químicos o puzolana, afectara las propiedades del concreto tanto en su estado fresco como endurecido, justificándose el empleo si estos productos por razones de economía y para procurar propiedades especiales del concreto.

Para la determinación de un primer estimado del contenido de cemento se puede trabajar con las recomendaciones obtenidas del productor de aditivo, así como de las modificaciones de los requerimientos de agua de mezclado en el paso N° 3 y las relaciones de resistencia en el paso N° 4. La determinación final del contenido de cemento deberá basarse en mezclas de prueba, ajustadas de acuerdo al paso N° 9 para obtener todas las propiedades deseadas en el concreto.

▪ **Estimación del contenido de agregado grueso.**

Los agregados de esencialmente el mismo tamaño máximo y granulometría, producirán concreto de satisfactoria trabajabilidad, cuando un volumen de agregado grueso seco y compactado, es empleado por unidad de volumen de concreto.

La tabla N° 23, nos proporciona valores aproximados para estos volúmenes de agregado, como puede observarse, para similar trabajabilidad, el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto, depende solamente de su tamaño máximo y del módulo de fineza del agregado fino.

Las diferencias en la cantidad de mortero requerido por razones de trabajabilidad con diferentes agregados, debido a diferencias en el perfil y granulometría de las partículas, son compensadas automáticamente por las diferencias en el contenido de vacíos del material seco y compactado. El peso seco del agregado grueso por metro cubico de concreto, en base al volumen seco y compactado del mismo, es igual al valor obtenido en la tabla N° 5, multiplicado por el peso unitario seco y compactado del agregado grueso.

Cantidad de agregado grueso (en kg.)= (Volumen de agregado grueso de tabla N°23 (en m3)) 'x (Peso unitario seco y compactado del agregado grueso (en kg/m3).

Tabla 23: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO	Volumen de agregado grueso, unidad de volumen de concreto, finieza de agregado fino, seco y compactado (*) por para diferentes módulos de			
	MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Rivva López E, 2010

(*) Los volúmenes de agregado grueso mostrados, está en condición seca y compactada, tal como se describe en la norma ASTM C29.

Estos volúmenes han sido seleccionados a partir de relaciones empíricas para producir concretos con un grado adecuado de trabajabilidad para construcciones armadas usuales.

Para concretos menos trabajables, tales como el requerido en la construcción de pavimentos, pueden incrementarse los valores en 10% aproximadamente.

Para concretos más trabajables, tales como los que pueden requerirse cuando la construcción es hecha por bombeo, los valores pueden reducirse hasta en un 10%.

El módulo de fineza de la arena = La suma de las relaciones (acumulativas) retenidas en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 dividida entre 100.

▪ **Estimación del contenido de agregado fino.**

Existen dos métodos para la determinación del contenido de agregado fino, ambos se basan en el hecho de que una vez concluido el paso N° 6, todos los

ingredientes a excepción del agregado fino son conocidos por metro cubico de concreto, pudiendo hallarse el mismo por diferencia, empleando el método de los pesos o el método de los volúmenes. Es decir:

Peso del agregado fino (en kg.)= Peso del concreto (en kg)- (Peso del agregado grueso (en kg.)+ Peso del cemento (en kg.)+Peso del agua de mezclado (en kg.).

a. Método de los pesos.

Generalmente el peso unitario del concreto fresco es conocido con relativa aproximación de experiencias previas con los materiales a ser utilizados en obra.

En ausencia de tal información, la tabla N° 6 puede ser empleada en un primer estimado, con la seguridad de que las proporciones obtenidas serán lo suficientemente aproximadas como para ser corregidas con un rápido y sencillo ajuste sobre la base de los resultados de las mezclas de ensayo.

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

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

Donde:

P.U.= Peso del concreto fresco en kg/m³.

γ_{ag} = Peso específico promedio de la combinación de agregado fino y grueso en condiciones S.S.S.

γ_{ce} = Peso específico del cemento generalmente 3.15

A = Contenido de aire en porcentaje.

W = Agua de mezclado requerido, en kg/m³.

C = Cantidad de cemento requerido, en kg/m³.

b. Método de, los volúmenes absolutos.

Un procedimiento más exacto para el cálculo de la cantidad de agregado fino por metro cubico de concreto, implica el empleo de los volúmenes desplazados por los ingredientes o volúmenes absolutos de los mismos.

En este caso el volumen absoluto del agregado fino es igual a la diferencia entre el volumen unitario del concreto y la suma de los volúmenes absolutos de los ingredientes ya conocidos (cemento, agua, aire, agregado grueso).

El volumen absoluto ocupado en el concreto por cualquier ingrediente, es igual a su peso dividido por su peso específico

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

Tabla 24: Primera estimación del peso del concreto fresco (*).

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO	PRIMERA ESTIMACION DEL PESO DEL CONCRETO EN	
	kg/m3	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
3/8"	2285	2190
1/2"	2315	2235
3/4"	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375
3"	2465	2400
6"	2505	2435

Fuente: Rivva López E, 2010

*Los valores han sido calculados empleando la ecuación (a) para concretos de riqueza media (330 kg. De cemento por m3 de concreto) y asentamiento medio para agregados con peso específico de 2.7.

Los requerimientos de agua se han basado en valores de 3" a 4" de asentamiento de la tabla respectiva.

Si se desea, la estimación del peso puede ser refinado como sigue:

- Por cada 5 kg. De diferencia de agua de mezclado de los valores de la tabla N° 2, para valores de asentamiento de 3" a 4", se debe corregir el peso por m3 en 8 kg, en la dirección opuesta.
- Por cada 20 kg, de diferencia en el contenido de cemento, de 330 kg, corregir el peso por m3 en 3kgs, en la misma dirección.
- Por cada 0.1 de variación en el peso específico del agregado, en relación a 2.7 corregir 70 kg, en la misma dirección.
- **Ajuste por contenido de humedad de los agregados.**

Generalmente los agregados utilizados en la preparación de un concreto, se encuentran húmedos por lo cual sus pesos se incrementan en el porcentaje de agua que contengan, tanto agua absorbida como superficial. Así el agua de mezclado añadida a la colada, debe ser reducida en una cantidad igual a la

humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal el contenido total de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.

2.5. Definición de variables:

2.5.1. Variable independiente:

La variable independiente fue la temperatura del agua, para el presente trabajo de investigación, se fabricaron especímenes a las temperaturas de 4°C, 40°C, 60°C, y 80°C; además de las probetas que se elaboraron con la temperatura ambiente a 18.5°C. Las temperaturas fueron medidas con termómetro.

2.5.2. Variable dependiente:

Como variables dependientes se obtuvieron las resistencias de cada una de las probetas elaboradas, estos especímenes se sometieron a la prueba de resistencia a la compresión a los 7 días, 14 días, 21 días y 28 días. Para esto, se elaboraron 20 especímenes para cada tipo de temperatura, obteniendo un total de especímenes para esta investigación de 80 unidades.

2.6. Población.

Se considera como población a las probetas de concreto que se puedan elaborar con el agregado de la planta de chancado Roca Fuerte para los diferentes tipos de concreto a utilizarse.

2.7. Muestra.

Se considera como muestra a las 80 especímenes de concreto elaboradas en el laboratorio, con cinco temperaturas de agua, 16 especímenes para cada temperatura.

CAPITULO III. MATERIALES Y METODO

La presente investigación, se realizó en el laboratorio del Ing. Wilfredo Renán Fernández Muñoz, ubicado en la urbanización Los Docentes, Manzana H, Lote 3-Cajamarca.

El agregado utilizado para el presente trabajo de investigación, se adquirió de la planta de chancado Roca Fuerte, dicha planta selecciona agregado del río Cajamarquino; a continuación se indica las coordenadas de ubicación tanto de la planta de chancado como de la zona de donde se extrae el agregado del río Cajamarquino.

Tabla 25: Coordenadas de ubicación de la Planta de Chancado Roca Fuerte y de la cantera del río Cajamarquino:

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA (m.s.n.m.)
Coordenadas de la planta de chancado Roca Fuerte			
1	779686	9207531	2672.00
2	779626	9207551	2672.50
3	779603	9207558	2673.00
4	779613	9207596	2673.00
5	779684	9207580	2672.00
Coordenadas de la cantera de agregado en el río Cajamarquino			
1	780582	9201834	2523.40
2	780685	9201830	2517.00
3	780690	9201770	2516.40
4	780574	9201772	2524.70

Geográficamente, esta planta de chancado y la cantera de agregado (río Cajamarquino), están ubicadas en el distrito Baños del Inca, provincia Cajamarca-Cajamarca.

El periodo en que se realizó este trabajo de investigación, fue desde el mes de agosto hasta el mes de noviembre del 2014.

3.1. Materiales Experimentales

Para la presente investigación, se utilizaron los siguientes materiales:

- Agregado fino (de la planta de chancado Roca Fuerte), material extraído del río Cajamarquino.

- Agregado grueso (de la planta de chancado Roca Fuerte), material extraído del río Cajamarquino.
- Cemento Pacasmayo tipo I.
- Agua potable a temperaturas de: 4°C, 18.5°C, 40°C, 60°C Y 80°C.
- 03 kg. De hielo

3.2. Equipo y Herramientas para la experimentación.

- Tamices standard para el análisis granulométrico (1",3/4",1/2",3/8",N°4,N°8,N°16,N°30,N°50,N°100 y N°200)
- Balanza electrónica con aproximación adecuada
- Probeta graduada de un litro
- Herramientas: palanas, badilejo, balde, cucharón, enrazador, reglas graduadas, calibrador, etc.
- Cono de Abrahams, varilla de fierro de 60 cm. De largo y 5/8" de diámetro, semi redondeada en un extremo.
- Neopreno
- Prensa Hidráulica, para la rotura de probetas
- Deflectómetro, para medir el esfuerzo vs. deformación
- Cocina eléctrica.
- Termómetro
- Speedy, para analizar el contenido de humedad

3.3.Procedimiento.

Este trabajo de investigación, se desarrolló con el criterio siguiente:

3.3.1. Técnicas.

Se realizó a través de la aplicación de tablas, proporciones y procedimientos establecidos en las normas:

- ASTM C 33: Especificación Normalizada de Agregados para concreto.
- ASTM C 150: Especificación Normalizada para Cemento Portland.

3.3.2. Tipo de Investigación.

La presente investigación es de tipo experimental y descriptiva

A. Experimental: Por cuanto se realizó los ensayos respectivos para determinar la variación en lo concerniente a la resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14, 21, y 28 días de fabricado.

B. Descriptiva: Por lo que se describió el procedimiento y los pasos a seguirse en el estudio de investigación propuesto y se analizaron los datos obtenidos.

Puesto que la investigación fue de tipo experimental y descriptiva, se procedió a elaborar las tablas respectivas.

3.3.3 Pasos seguidos en la investigación:

Primera etapa. Revisión bibliográfica, recopilación de datos o búsqueda de información, de todo lo referente al tema de investigación, que en el presente trabajo fueron libros de especialidad, trabajos anteriores afines realizados en la facultad de ingeniería y páginas web especializadas.

Segunda etapa. Extracción y transporte de los agregados, de la planta de chancado Roca Fuerte (que extrae material del río Cajamarquino), al laboratorio de ensayos de materiales del Ing., Wilfredo Renán Fernández Muñoz, ubicado en la urbanización Los Docente, Manzana H, Lote 3-Cajamarca.

Tercera etapa. Ensayos preliminares, los cuales consistieron en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados; las cuales nos arrojaron los datos necesarios para la elaboración del diseño de mezclas por el método del módulo de finura de la combinación de agregados.

Cuarta etapa. En esta etapa se realizaron los siguientes procedimientos:

1º La muestra de concreto se colocó en una vasija impermeable y no absorbente, de tamaño tal que sea posible el remezclado, antes de llenar los moldes.

2º Se preparó veinte especímenes para cada caso de temperatura (para nuestro caso se consideró cinco temperaturas), para evaluar la resistencia a la compresión en las edades: 7, 14, 21 y 28 días, obteniendo un total de 80 especímenes de concreto.

3º Luego del remezclado, se llenó de inmediato el molde hasta un tercio de su altura, compactando a continuación con la barra mediante 25 golpes verticales. El proceso se repitió en las dos capas siguientes, de manera que la barra penetre hasta la capa precedente no más de 1". En la última, se colocó material

en exceso, para enrasar a tope con el borde superior del molde, sin agregar material.

4° Después de consolidar cada capa, se procedió a golpear ligeramente las paredes del molde, utilizando la barra de compactación, para eliminar los vacíos que pudieran haber quedado.

5° La superficie del cilindro fue terminada con la barra o regla de madera, de manera de lograr una superficie plana, suave y perpendicular a la generatriz del cilindro.

6° Las probetas se retiraron de los moldes entre las 18 y 24 horas después de moldeadas, para luego sumergirlas en agua para su curado

Quinta etapa. Procesamiento y análisis de resultados, consistió en procesar y analizar los resultados obtenidos en la etapa anterior, para determinar los resultados finales en la investigación.

Luego que los especímenes cilíndricos han sido curados convenientemente, se sometió a esfuerzos de compresión de la siguiente manera:

- Primeramente se calienta el kaping CT-55 en una olla especial, hasta que este se disuelva. Luego se coloca una capa adecuada de esta sustancia en las dos superficies planas del espécimen, utilizando para esto el molde de cabeceado y conseguir de esta manera una distribución uniforme de esfuerzos.
- Prosiguiendo, se coloca el espécimen refrendado por kaping, cabeceado en la prensa hidráulica y se aplica la carga con una velocidad constante, registrándose las lecturas correspondientes para las cargas dadas en el tablero adherido a la prensa.
- La resistencia a la compresión de los especímenes, debe estar próxima a la que se espera alcanzar, se obtiene dividiendo la carga de rotura (kg) entre la sección transversal del espécimen (cm²). La deformación unitaria se encuentra dividiendo la deformación total entre la altura del espécimen.

Sexta etapa. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.

Como consecuencia de los datos adquiridos, se obtuvieron los gráficos de comportamiento "Esfuerzo-Deformación unitaria" de los ensayos de carácter mecánico, los cuales son los siguientes:

- A un esfuerzo nulo le corresponde una deformación total nula del espécimen ensayado.

- Siendo el concreto un material elástico plástico, se ha establecido que la geometría de las curvas “Esfuerzo-Deformación unitaria”, presentan dos tramos diferenciados: Tramo elástico y tramo plástico.
- El tramo elástico, es el primer tramo cuyo comportamiento se ajusta a una línea recta inclinada (función lineal) que parte desde (0,0) y asciende hasta el punto de “Esfuerzo en el límite proporcional elástico”
- El tramo plástico, es el segundo tramo cuyo comportamiento se ajusta a una parábola (función cuadrática) o a una parábola cubica (función cubica), según sea el caso; que parte desde el punto de “Esfuerzo de Rotura o colapso” (ver figura)
- La exactitud geométrica de las probetas, dependen de la destreza del operador y la calibración de las maquinas, puesto que inciden directamente en la calidad de los resultados de cada ensayo.

3.4. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.

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.

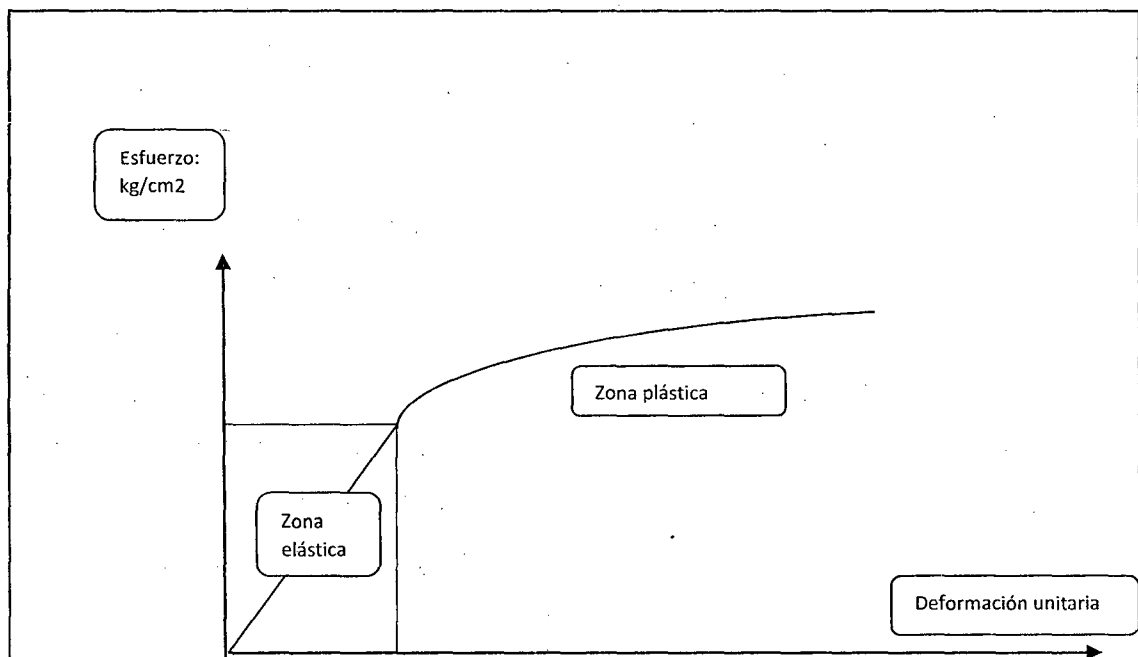


Figura 3: Curva típica de esfuerzo-deformación unitaria para concreto.

A. Construcción de dispersogramas.

En algunos ensayos de acuerdo a su naturaleza y como la metodología lo exige, se tienen que construir dispersogramas, "Esfuerzo-Deformación Unitaria", esta operación como su nombre lo indica consistió en la construcción de dichos dispersogramas para su posterior "ajuste".

B. Ajuste de curvas.

La unión consecutiva de dos puntos correlativos que conforman el dispersograma "Esfuerzo-Deformación Unitaria", forman la curva de comportamiento mecánico del concreto ante fuerzas externas para cada ensayo, a esta curva resultante se le tiene que "ajustar" en sus diferentes tramos, mediante tratamientos estadísticos, a fin de lograr las configuraciones establecidas por los esquemas que la bibliografía sugiere para los comportamientos de cada ensayo, con el objetivo de predecir matemáticamente el comportamiento ante las diferentes sollicitaciones externas a las que puede ser expuesta el concreto.

En consecuencia el ajuste de curvas consiste en la selección del modelo matemático que mejor se adapte a los datos del experimento. En nuestro caso hemos buscado que el coeficiente de correlación de cada modelo se ajuste lo máximo posible a la unidad.

C. Diagnóstico y análisis de curvas resultantes.

Luego de realizado el "Ajuste de Curvas", se procedió a realizar un análisis de los modelamientos obtenidos para cada experimento:

C.1. Diagnóstico:

Luego de ajustar las curvas Esfuerzo-Deformación Unitaria a los modelamientos matemáticos resultantes, se define lo siguiente:

- ✓ Los modelamientos matemáticos que mejor se adaptan a los diferentes experimentos, son congruentes a los establecidos por la bibliografía existente.
- ✓ Para el caso, en las curvas pertenecientes a los ensayos de Compresión Axial, el tramo elástico se ajusta a una función lineal, y el tramo plástico se ajusta a una función cuadrática, pero pudiendo ajustarse la curva a una función cuadrática sin afectar significativamente la tendencia del tramo elástico de nuestra curva.

- ✓ En consecuencia de lo anterior, la forma de las funciones que dominan el comportamiento de las curvas de los diferentes ensayos son:
- ✓ Función cuadrática: $Y = aX^2 + bx + c$; $a, b, c \in \mathbb{R}$; $a \neq 0$
- ✓ En las gráficas ajustadas se observa que la proyección de la línea de tendencia no intercepta al sistema de coordenadas "Esfuerzo (Y) - Deformación Unitaria (X)" en el punto (0,0).

C.2. Análisis.

Partiremos de la premisa que el comportamiento esfuerzo-deformación unitaria debe de partir del punto (0,0) ya que para un esfuerzo nulo, le debe corresponder una deformación nula, lo cual no se refleja en la gráfica anterior, ya que observamos que al proyectar la curva correspondiente a la función cuadrática intercepta al eje "X" (deformación unitaria) en algún punto diferente de cero (0) y este efecto es explicable ya que al iniciar la pruebas existen ciertos factores que producen estos desfases los cuales pueden ser:

- ✓ Que el deformímetro no este calibrado exactamente en cero.
- ✓ Que las caras de las probetas prismáticas no estén perfectamente paralelas, lo cual arroja deformaciones anómalas hasta que la máquina la "acomode".
- ✓ Que la máquina universal las produzca debido a las compresiones del aceite del sistema hidráulico.
- ✓ Que sea producto de un error humano ya que es muy difícil que el operador de la máquina universal o el lector de las deformaciones logren una precisión absoluta en sus operaciones o apreciaciones.
- ✓ Que los produzca el redondeo de los resultados de los cálculos relativos al "Tratamiento Inicial de Datos".

Dadas estas teorías explicativas de lo que habría podido suceder, afirmamos que el comportamiento Esfuerzo-Deformación Unitaria es como se expresa en las "Curvas Ajustadas", a las cuales se las tienen que "desplazar horizontalmente" hasta hacerlas coincidir con el origen valiéndonos de criterios matemáticos relativos a funciones.

D. Corrección de errores.

Como hemos deducido líneas arriba, los modelamientos matemáticos de los datos de los experimentos realizados son los correctos; en consecuencia solamente bastaría con desplazar dichas curvas horizontalmente a través del eje de las "X" (deformación unitaria) hasta hacerlas coincidir con el origen del sistema cartesiano Esfuerzo - Deformación Unitaria, para aceptar dicho comportamiento como verdadero.

- Determinación de la distancia a desplazar. La distancia "k" que se debe desplazar horizontalmente a los modelamientos matemáticos de comportamiento Esfuerzo-Deformación Unitaria; es la correspondiente a la posición de "X" cuando "Y=0" en la función lineal.

$$\text{Sea: } Y = aX^2 + bx + c; a, b, c \in \mathbb{R} \wedge a \neq 0$$

Por lo tanto, si $Y=0$

$$\text{Entonces: } aX^2 + bx + c = 0$$

$$\text{Luego: } X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\text{Entonces: } K = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \dots \dots \dots (1)$$

- Construcción de la función lineal desplazada. Líneas arriba hemos determinado la distancia "K" que se tiene que desplazar horizontalmente al tramo elástico (función cuadrática) para hacerla coincidir con el punto (0,0) del eje del sistema cartesiano Esfuerzo-Deformación Unitaria sin alterar su comportamiento, por lo tanto:

$$\text{Sea: } Y = F(x) \wedge F(x) = F(x+k)$$

$$\text{Luego: Si } Y = aX^2 + bx + c, \text{ entonces } Y = F(x) = aX^2 + bx + c$$

$$\text{Ahora: } F(x) = F(x+k) = a(x+k)^2 + b(x+k) + c$$

$$\text{Entonces: } F(x+k) = a(X^2 + K^2 + 2XK) + bx + bk + c$$

$$\text{Quedando: } F(x+k) = aX^2 + (b+2k)X + (k^2 + c) \dots \dots \dots (2)$$

Reemplazando (1) en (2)

$$\text{Si: } F(x+k) = aX^2 + (b+2k)X + (k^2 + c)$$

$$\text{Entonces: } F(x+k) = aX^2 + \left(b + 2 \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}\right) X + \left(\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}\right)^2 + c$$

$$\text{Luego: } F(x+k)=aX^2 + \left(\frac{ba-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{a}\right) X + \left(\frac{b^2+b^2-4ac\pm\sqrt{b^2-4ac}}{a} + c\right)$$

$$\text{Luego: } F(x+k)=aX^2 + \left(\frac{b(a-1)\pm\sqrt{b^2-4ac}}{a}\right) X + \left(\frac{2b^2-4ac\pm\sqrt{b^2-4ac}}{4a^2} + c\right) \dots \dots \dots (3)$$

La función cuadrática desplazada horizontalmente, queda definida por la fórmula:

$$Y= aX^2 + \left(\frac{b(a-1)\pm\sqrt{b^2-4ac}}{a}\right) X + \left(\frac{2b^2-4ac\pm\sqrt{b^2-4ac}}{4a^2} + c\right)$$

Dónde:

Y: Función Cuadrática que domina el tramo plástico (Valor del Esfuerzo para una deformación unitaria "X").

a: Coeficiente de la variable de segundo grado del modelamiento matemático inicial de la "curva ajustada" en su tramo plástico.

b: coeficiente de la variable de primer grado del modelamiento matemático inicial de la "curva ajustada" en su tramo plástico.

c: coeficiente independiente del modelamiento matemático inicial de la "curva ajustada" en su tramo plástico.

X²: variable de segundo grado del modelamiento matemático (Deformación unitaria elevada al cuadrado, del correspondiente esfuerzo).

E. Formulación de funciones y construcción de curvas de comportamiento.

Una vez corregidos los errores y valiéndose de las formulas deducidas en el numeral anterior, con ayuda del programa Derive 6, se determina de manera rápida y precisa las funciones que dominan los correspondientes comportamientos "ideales" en los diferentes tramos de las curvas Esfuerzo-Deformación Unitaria, de los ensayos mecánicos realizados para la investigación.

Luego se procedió a realizar la tabulación respectiva y por ende la construcción de las "cuervas ideales de comportamiento" para los diferentes ensayos, lo que para nuestro criterio constituyen los "Resultados Iniciales" de los ensayos mecánicos especificados anteriormente.

CAPITULO IV: ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Características Físicas y Mecánicas de los Agregados.

Las características físicas y mecánicas de los agregados del río Cajamarquino, seleccionados en la planta de chancado Roca Fuerte, se obtuvieron del promedio de los datos obtenidos en tres ensayos consecutivos de los agregados, a continuación se presentan los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 26: Características físicas y mecánicas de los agregados utilizados en la investigación.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS DE LA PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Tamaño máximo nominal	---	3/4"
Peso específico aparente	2.62 gr/cm ³	2.63 gr/cm ³
Peso unitario suelto	1525 kg/m ³	1439 kg/m ³
Peso unitario compactado	1642 kg/m ³	1540 kg/m ³
Contenido de humedad (%)	5.30	0.28
Absorción (%)	1.12	0.99
Módulo de finura	3.22	6.88
Desgaste a la abrasión	---	28
Porcentaje que pasa malla N° 200	2.13	0.46

Para la presente investigación, se eligió el agregado de la planta de chancado Roca Fuerte, por presentar agregados limpios y de buena calidad. Esta planta de chancado se abastece de material del río Cajamarquino.

De los resultados de los ensayos realizados al agregado fino procedente de la planta de chancado Roca Fuerte, se puede señalar que:

- La granulometría del agregado fino se ajustó a los límites de gradación, indicados en la norma NTP 400.037
- El módulo de finura y el peso específico del agregado fino, indicó que es un agregado adecuado para elaborar concretos de alta resistencia.
- El peso unitario del agregado fino, se ajustó a los parámetros establecidos en la norma NTP 400.017, lo cual es un indicador de calidad del agregado.

- De los resultados de los ensayos realizados al agregado grueso procedentes de la planta de chancado Roca Fuerte, se puede señalar que:
- El tamaño máximo del agregado grueso, fue elegido teniendo en consideración que el concreto elaborado en la presente investigación, se utilizara en estructuras altamente reforzadas
- La granulometría del agregado grueso, se ajustó aproximadamente al límite de gradación N°67, indicado en la norma ASTM C 33, desviándose en la parte superior de la curva hacia la derecha, lo cual es un indicador de que el agregado grueso tiene un exceso de partículas finas.
- El módulo de finura y el peso específico del agregado grueso, indica que es un agregado adecuado para elaborar concretos de alta resistencia.
- El peso unitario del agregado grueso, se ajusta a los parámetros establecidos en la norma NTP 400.017, lo cual es un indicador de calidad de agregado.
- La alta resistencia a la abrasión del agregado grueso, indica que es un agregado ideal para la elaboración de concretos de alta resistencia.

4.2. Propiedades del concreto.

4.2.1. Obtención de Resistencia a la Compresión de los especímenes de concreto.

Tabla 27. Temperaturas Vs. Resistencia a la compresión:

TEMPERATURA	DOSIFICACION	DIAMETRO DE ESPECIMEN ϕ (CM)	PESO DE CADA ESPECIMEN, F'c=210 kg/cm2 (KG)				RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CADA ESPECIMEN F'C=KG/CM2			
			A LOS 7 DIAS	A LOS 14 DIAS	A LOS 21 DIAS	A LOS 28 DIAS	A LOS 7 DIAS	A LOS 14 DIAS	A LOS 21 DIAS	A LOS 28 DIAS
T= 4°	MT4°C	15.10	13142	12962	12981	12937	200.02	245.7	268.93	280.99
	MT4°C	15.10	12988	13012	13111	13120	206.69	251.97	262.59	285.57
	MT4°C	15.10	13070	13116	12859	13016	196.79	234.85	267.68	288.45
	MT4°C	15.10	12958	13002	13123	12984	201.11	255.75	270.47	277.2
T= TEMP. AMBIENTAL (18.5°C)	MT18.5°C	15.10	12998	13090	12980	13009	261.34	277.25	292.13	305.9
	MT18.5°C	15.10	13112	12974	12879	13211	264.51	281.07	283.52	312.66
	MT18.5°C	15.10	13012	13052	13026	13198	263.33	279.28	293.62	311.27
	MT18.5°C	15.10	12946	13112	12858	12936	265.98	277.56	286.29	300.56
T=40°C	MT40°C	15.10	13033	13288	12902	13178	268.78	292.34	315.87	335.89
	MT40°C	15.10	12978	12998	13086	13022	268.32	296.46	311.69	338.82
	MT40°C	15.10	13002	13124	12807	12979	271.28	289.94	307.41	336.96
	MT40°C	15.10	13110	13088	12988	13019	267.71	297.34	314.45	339.32
T=60°C	MT60°C	15.10	12905	13046	13021	13070	274.74	296.41	304.63	345.71
	MT60°C	15.10	12982	12997	12898	13140	279.83	296.72	329.52	351.83
	MT60°C	15.10	13110	13115	13006	12977	273.23	303.17	325.71	349.77
	MT60°C	15.10	13126	13003	13124	13096	277.24	295.88	323.79	348.12
T=80°C	MT80°C	15.10	12991	12938	12998	13118	217.05	230.51	245.62	263.49
	MT80°C	15.10	12974	12989	13117	12962	218.41	232.09	245.74	260.83
	MT80°C	15.10	13118	13115	12913	13102	220.12	234.79	244.89	261.12
	MT80°C	15.10	13014	12977	12997	13009	217.56	229.79	240.71	254.48

Tabla 28. Temperatura del agua, Resistencia promedio a la compresión- cantidad de agua utilizada en la mezcla

TEMPERATURA DEL AGUA	RESISTENCIA PROM. A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (kg/cm ²)	CANTIDAD DE AGUA UTILIZADA EN LA MEZCLA PARA 16 ESPEC. (cm ³)
4°C	282.55	15200
18.5°C	307.60	15600
40°C	337.75	16840
60°C	348.87	17200
80°C	259.92	17700

De los datos obtenidos en el ensayo correspondiente a la influencia de la temperatura del agua en la resistencia a la compresión del concreto, se puede señalar que:

- ✓ se obtuvo una mayor resistencia a la compresión en los especímenes elaborados con agua a la temperatura de 60°C.
- ✓ la cantidad de agua utilizada para las mezclas del concreto, aumento en la medida que la temperatura de agua se incrementó.
- ✓ Se logró utilizar el valor del slump establecido en el diseño de mezclas, logrando la trabajabilidad deseada.

4.2.2. Módulo de elasticidad y Resistencia a la compresión del concreto.

A. Módulo de elasticidad y Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días.

Tabla 29. Temperatura del agua, Modulo de elasticidad y resistencia a la compresión de los especímenes a los 7 días.

TEMP. AGUA	ESPECIMENES 7 DIAS	
	MODULO DE YOUNG f'_c (kg/cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)
4C°	22456.30836	201.134258
18.5C°	21359.44747	262.7884777
40C°	20953.25285	269.0212814
60C°	23293.36489	276.2648099
80C°	23973.25373	218.2604301

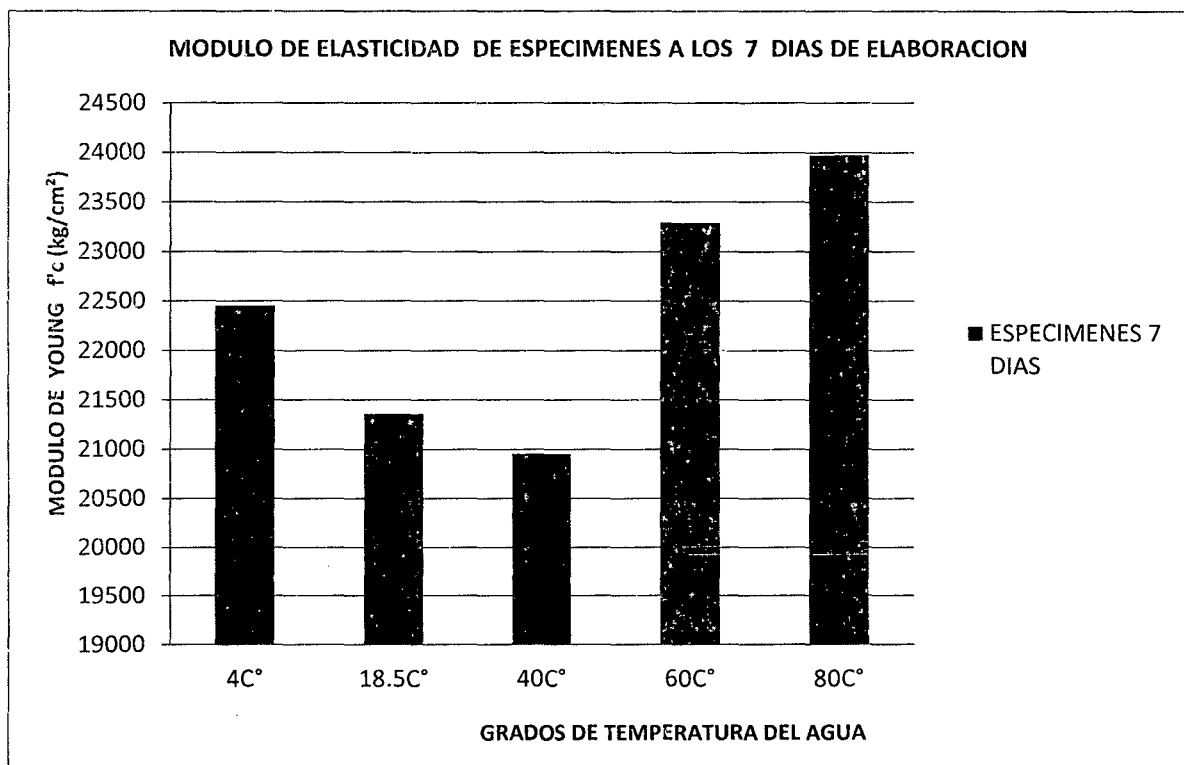


Figura 4. Módulo de elasticidad de los especímenes a los 7 días de elaborados y diferentes temperaturas de agua.

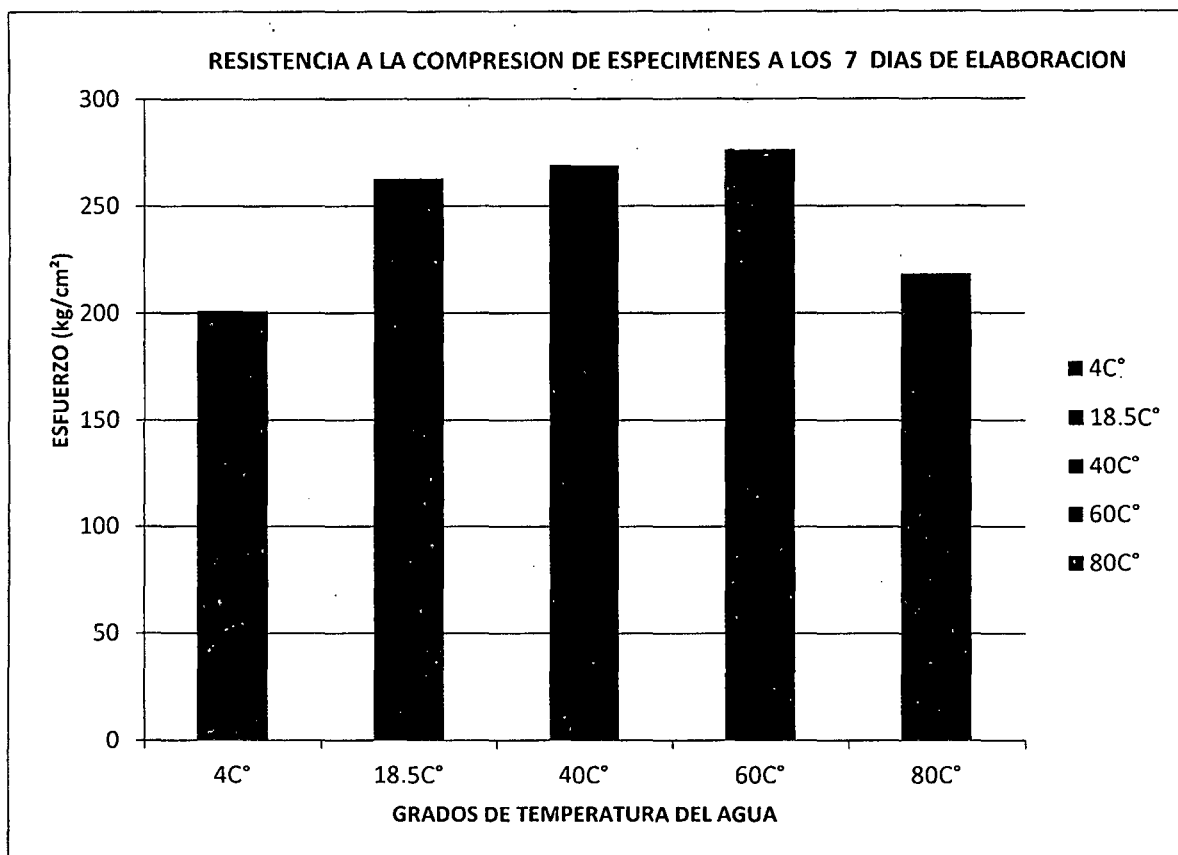


Figura 5. Resistencia a la compresión de especímenes a los 7 días de elaborados y diferentes temperaturas del agua.

B. Módulo de elasticidad y Resistencia a la compresión del concreto a los 14 días.

Tabla 30. Temperatura del agua, Modulo de elasticidad y resistencia a la compresión de los especímenes a los 14 días.

ESPECIMENES 14 DIAS		
TEMP. DEL AGUA	MODULO DE YOUNG $f'c$ (kg/cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)
4°C	22819.92251	247.0660902
18.5°C	20232.3063	278.7916222
40°C	22977.90659	294.0086473
60°C	22103.67677	298.051547
80°C	21389.79113	231.7929137

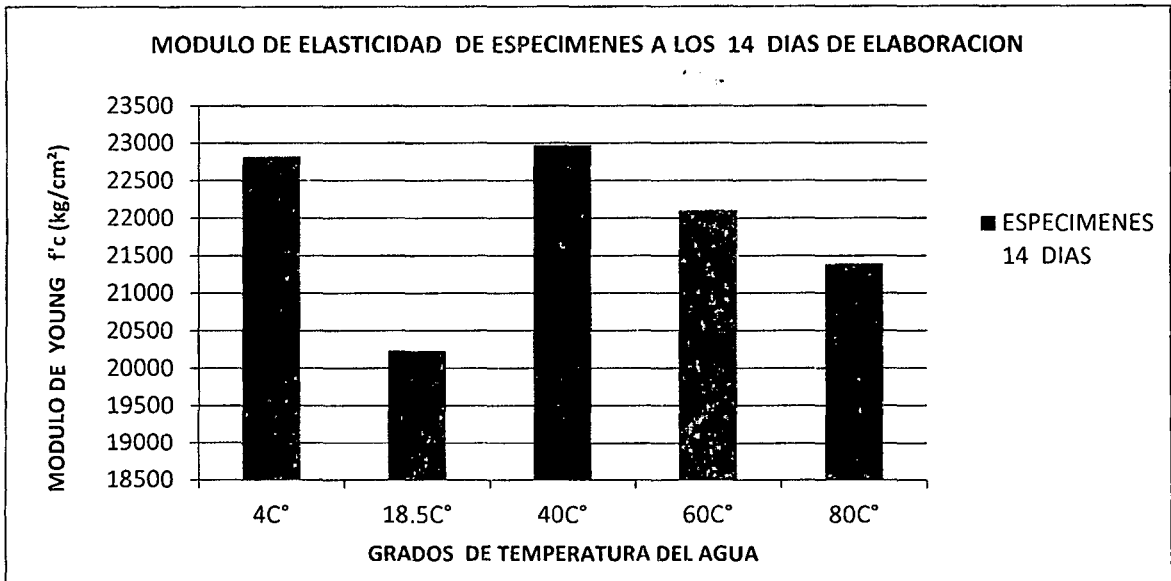


Figura 6. Módulo de elasticidad de los especímenes a los 14 días de elaborados y diferentes temperaturas de agua.

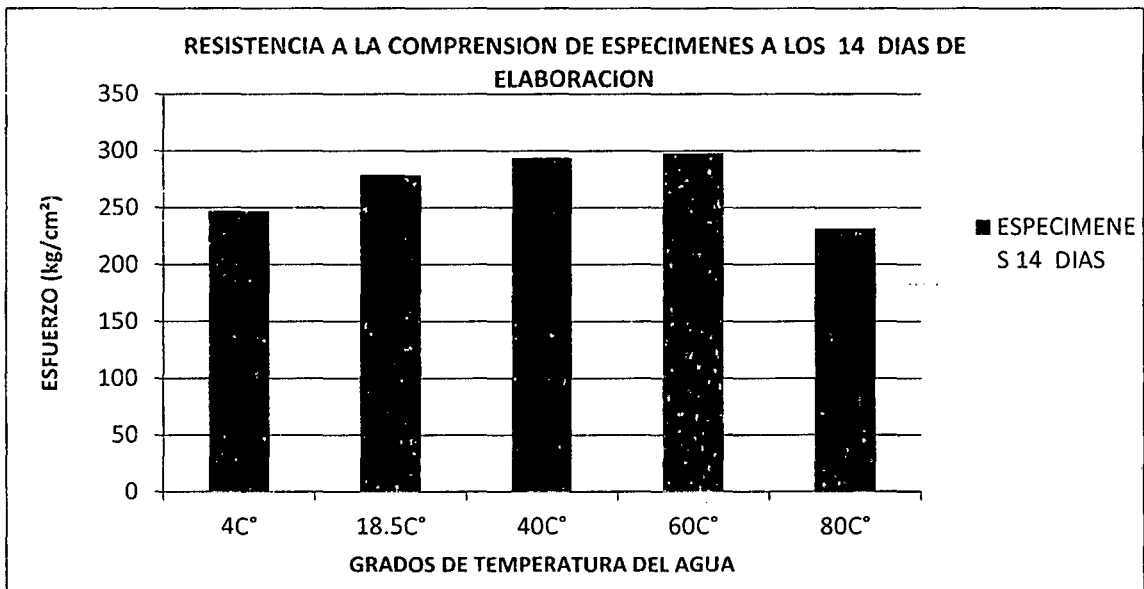


Figura 7. Resistencia a la compresión de especímenes a los 14 días de elaborados y diferentes temperaturas del agua.

C. Módulo de elasticidad y Resistencia a la compresión del concreto a los 21 días.

Tabla 31. Temperatura del agua, Modulo de elasticidad y resistencia a la compresión de los especímenes a los 21 días.

TEMP. DEL AGUA	ESPECIMENES 21 DIAS	
	MODULO DE YOUNG f'_c (kg/cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)
4C°	19407.1853	267.4218446
18.5C°	19567.44897	288.8895025
40C°	21157.45615	312.3640179
60C°	21736.83067	320.9177757
80C°	17712.12102	244.2389916

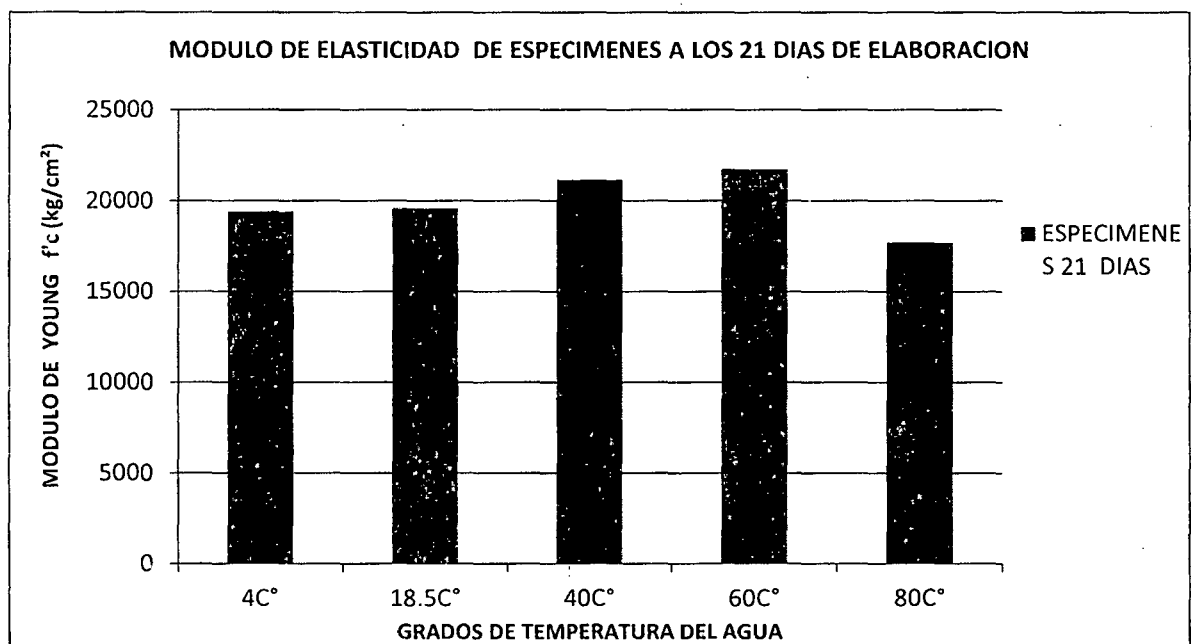


Figura 8. Módulo de elasticidad de los especímenes. a los 21 días de elaborados y diferentes temperaturas de agua.

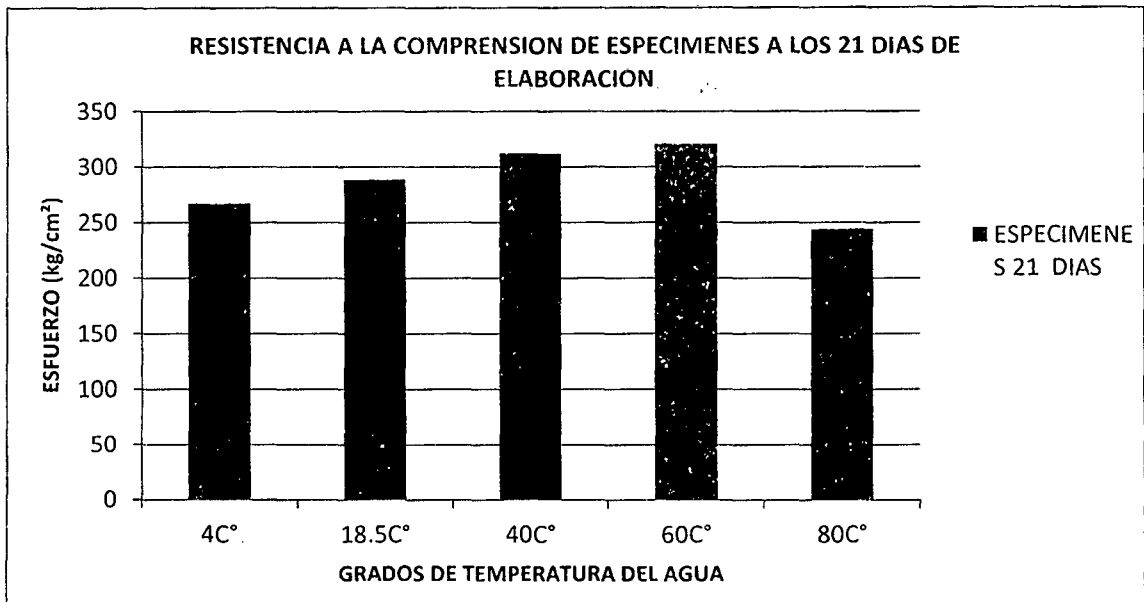


Figura 9. Resistencia a la compresión de especímenes a los 21 días de elaborados y diferentes temperaturas del agua.

D. Módulo de elasticidad y Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días.

Tabla 32. Temperatura del agua, Modulo de elasticidad y resistencia a la compresión de los especímenes a los 28 días.

TEMP. DEL AGUA	ESPECIMENES 28 DIAS	
	MODULO DE YOUNG f'c (kg/cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)
4C°	20878.15456	282.553765
18.5C°	23586.32746	307.5972823
40C°	24511.04177	337.7505756
60C°	26062.532824.4	348.8685496
80C°	20793.98057	259.9247571

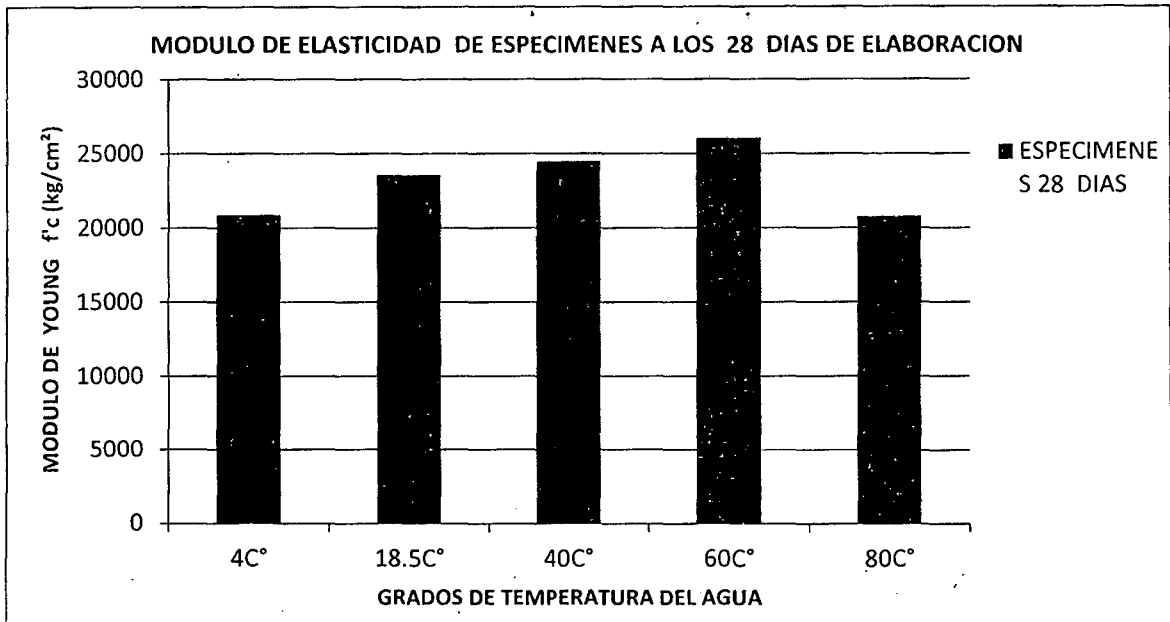


Figura 10. Módulo de elasticidad de los especímenes a los 28 días de elaborados y diferentes temperaturas de agua.

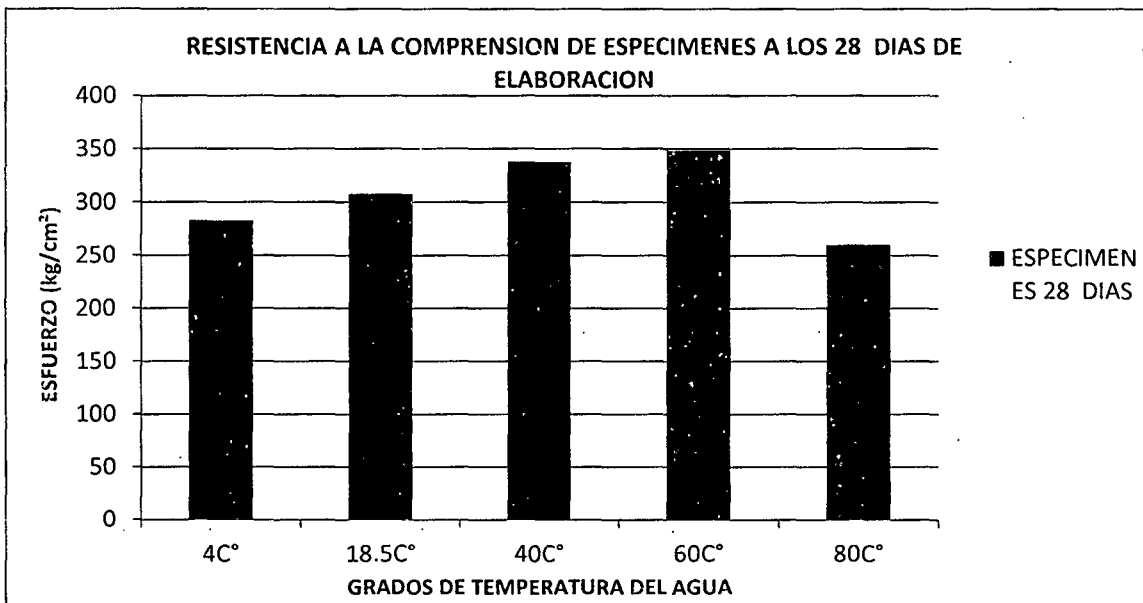


Figura 11. Resistencia a la compresión de especímenes a los 28 días de elaborados y diferentes temperaturas del agua

De las gráficas anteriores se puede señalar que:

La resistencia del concreto, es mayor en el caso en que la mezcla se elaboró con agua a temperatura de 60°C elaborada

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

5.1. Conclusiones:

- Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con agua a la temperatura 4°C, a los 28 días alcanzó una resistencia a la compresión de 282.55 kg/cm²
- Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con agua a la temperatura de 18.5°C, a los 28 días alcanzó una resistencia a la compresión de 307.60 kg/cm²
- Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con agua a la temperatura de 40°C, a los 28 días alcanzó una resistencia a la compresión de 337.75 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 348.87 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 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.
- La cantidad de agua utilizada para las mezclas del concreto, aumento en la medida que la temperatura de agua se incrementó.
- Se logró utilizar el valor del slump establecido en el diseño de mezclas, logrando la trabajabilidad deseada.
- 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.

5.2. Recomendaciones:

Como recomendaciones tenemos las siguientes:

- Se recomienda a los diseñadores de mezclas de todos los tipos de concreto, tener en cuenta las temperaturas de los materiales y factores que intervienen en su elaboración (medio ambiente, agregados y agua), demostrándose en este trabajo de investigación que las temperaturas de

los agregados y medio ambiente, se pueden contrarrestar con la temperatura del agua en el momento de la elaboración de los concretos y poder obtener una óptima resistencia a la compresión.

- Se recomienda llevar a cabo más investigaciones con respecto a la influencia de la temperatura del agua en el mezclado de los concretos, dado que en nuestra zona la temperatura medioambiental es muy variada.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Para la elaboración de la tesis de investigación se tuvo en cuenta la siguiente las siguientes referencias bibliográficas

Libros:

- ✓ CAPECO.2009. Reglamento Nacional de Edificaciones. Primera Edición. Lima-Perú.
- ✓ Lezama Leiva. JL. 1996. Tecnología del concreto. Cajamarca- Perú, S/E UNC
- ✓ Norma ASTM C33. Especificación Normalizada de Agregados para Concreto.
- ✓ Norma ASTM C33. Especificación Normalizada de Agregados para Concreto.
- ✓ Normas Técnicas del IICA y el CATIE.1999.Redaccion de Referencias Bibliográficas. Primera Edición. Costa Rica
- ✓ Rivva López, E. 2010. Materiales para el concreto. Tomo 1. Fondo Editorial ICG. Primera Edición. Lima-Perú.
- ✓ Rivva López, E. 2010. Diseño de Mezcla de Concreto. Tomo 2. Fondo Editorial ICG. Primera Edición. Lima-Perú.

Documentos Electrónicos:

- ✓ Buron Maestro, M. (2006). Influencia en la resistencia a compresión del hormigón, de la temperatura ambiente elevada durante el hormigonado (en línea). España. Consultado 14 set.2 014. Disponible en https://www...ieca.es/show_doc.asp?ed_doc=24
- ✓ Comité ACI 305.2006. Vaciado de concreto en climas cálidos (en línea).Panamá. Consultado 26 agos.2014.Disponible en www.ryasapanama.com/web/.../vaciadodeconcretoenclimacalido.pdf
- ✓ Norma UNE 83.300.1984. Tomas de nuestras de hormigón fresco (en línea). España. Consultado en 14 set. 2014. Disponible en www.gobcan.es/.../PLIEGOPRESCRIPCIONESTECNICAS.pdf
- ✓ Norma UNE 83.301.1991. Conservación de las probetas de concreto (en línea). España. Consultado 14 set. 2014, Disponible en https://www.ieca.es/show_doc.asp?ed_doc=24

- ✓ Ortiz Lozano, JA.2007.Influencia de la Temperatura ambiental en las propiedades del concreto hidráulico (en línea).México. Consultado 12 set.2014.Disponible en www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen11/influencia_de_la_temperatura.pdf
- ✓ Romero J, Angarita G.2012. Influencia de la Temperatura de Agua, en la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto Rcc 250 kgf/cm².Tesis (en línea).Venezuela. Consultado 14set.2014.disponible en miunespace.une.edu.ve/jspui/handle/123456789/1503
- ✓ Reglamento CIRSOC 201M. Centro de Investigación de las Reglamentos Nacionales de Seguridad para -las obras civiles (en línea).Argentina. Consultado 30 agos.2014.disponible en www.hormigonelaborado.com/hormigonar27.pdf
- ✓ Tapia Martínez (2010). El concreto en clima cálido (en línea).Perú. Consultado. 14 set. 2014. Disponible en www.epival.com/descargar/asocem/1concreto-en-clima-calido.pdf

ANEXOS

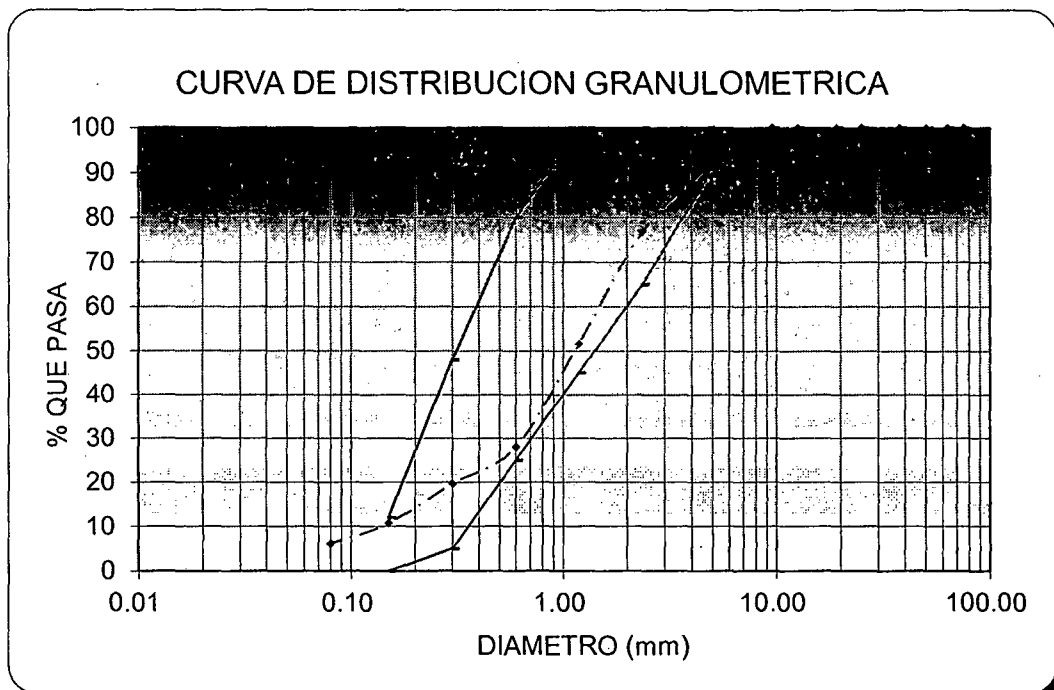
6.1. Cálculo de las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino:

A. Análisis granulométrico en seco:

Muestra seca al horno (ensayo N° 01)
 PESO SECO INICIAL =1400.00gr.

TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO		PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
		PARCIAL	ACUMULADO		
3	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
¾	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
½	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	123.00	123.00	8.79	91.21
N 8	2.36	201.00	324.00	23.14	76.86
N 16	1.18	353.00	677.00	48.36	51.64
N 30	0.60	330.00	1007.00	71.93	28.07
N 50	0.30	117.00	1124.00	80.29	19.71
N 100	0.15	125.00	1249.00	89.21	10.79
N 200	0.08	65.00	1314.00	93.86	6.14
CAZOLETA	-.-	86.00	1400.00	100.00	0.00
TOTAL		1400.00			

GRADACION ' 'C' ' '	
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
89.00	100.00
65.00	100.00
45.00	100.00
25.00	80.00
5.00	48.00
0.00	12.00
0.00	0.00



D10 = 0.16

D30=0.56

D60= 1.5

Cu= 9.38

Cc=1.31

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido acumulado en tamices (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

$$MF = \frac{8.79 + 23.14 + 48.36 + 71.93 + 80.29 + 89.21}{100}$$

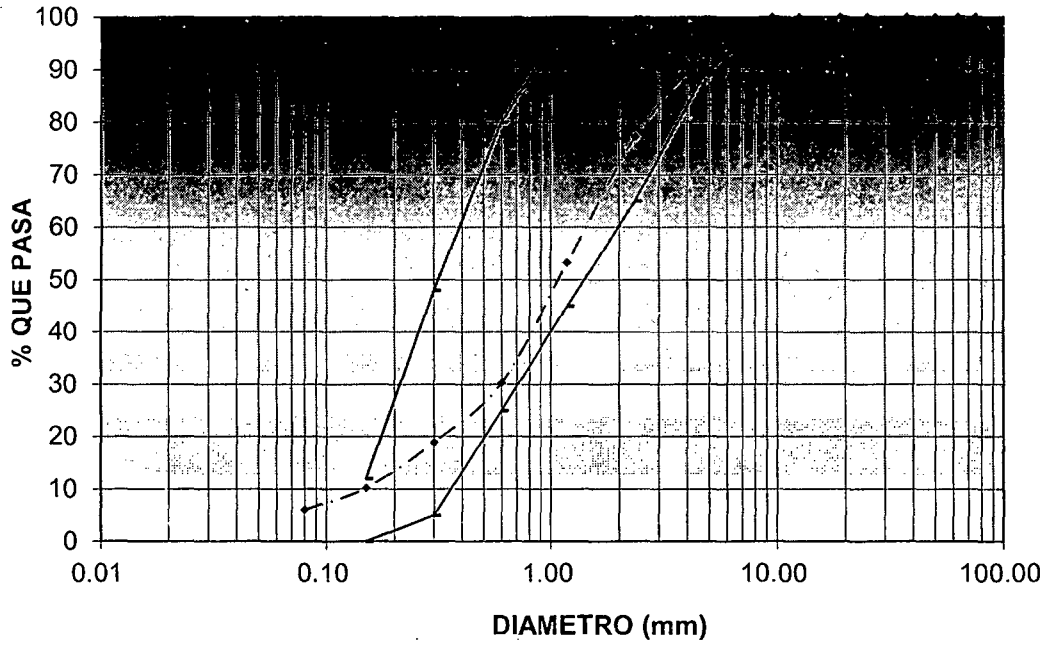
MF=3.21

Muestra seca al horno (ensayo N° 02)

PESO SECO INICIAL = 1278.00 gr.

TAMIZ N°	ABERTUR A (mm)	PESO RETENIDO		PORCENTAJ E RETENIDO ACUMULAD O	PORCENTAJ E QUE PASA	GRADACION "C"	
		PARCIA L	ACUMULAD O				
3	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 ½	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 ½	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
¾	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
½	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
¾	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N°4	4.75	94.00	94.00	7.36	92.64	89.00	100.00
N 8	2.36	197.00	291.00	22.77	77.23	65.00	100.00
N 16	1.18	306.00	597.00	46.71	53.29	45.00	100.00
N 30	0.60	294.00	891.00	69.72	30.28	25.00	80.00
N 50	0.30	145.00	1036.00	81.06	18.94	5.00	48.00
N 100	0.15	111.00	1147.00	89.75	10.25	0.00	12.00
N 200	0.08	54.00	1201.00	93.97	6.03	0.00	0.00
CAZOLET A	--	77.00	1278.00	100.00	0.00		
TOTAL		1278.00					

CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA



D10= 0.17

D30=0.60

D60=1.60

Cu= 9.41

Cc=1.32

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido acumualdo en tamices (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

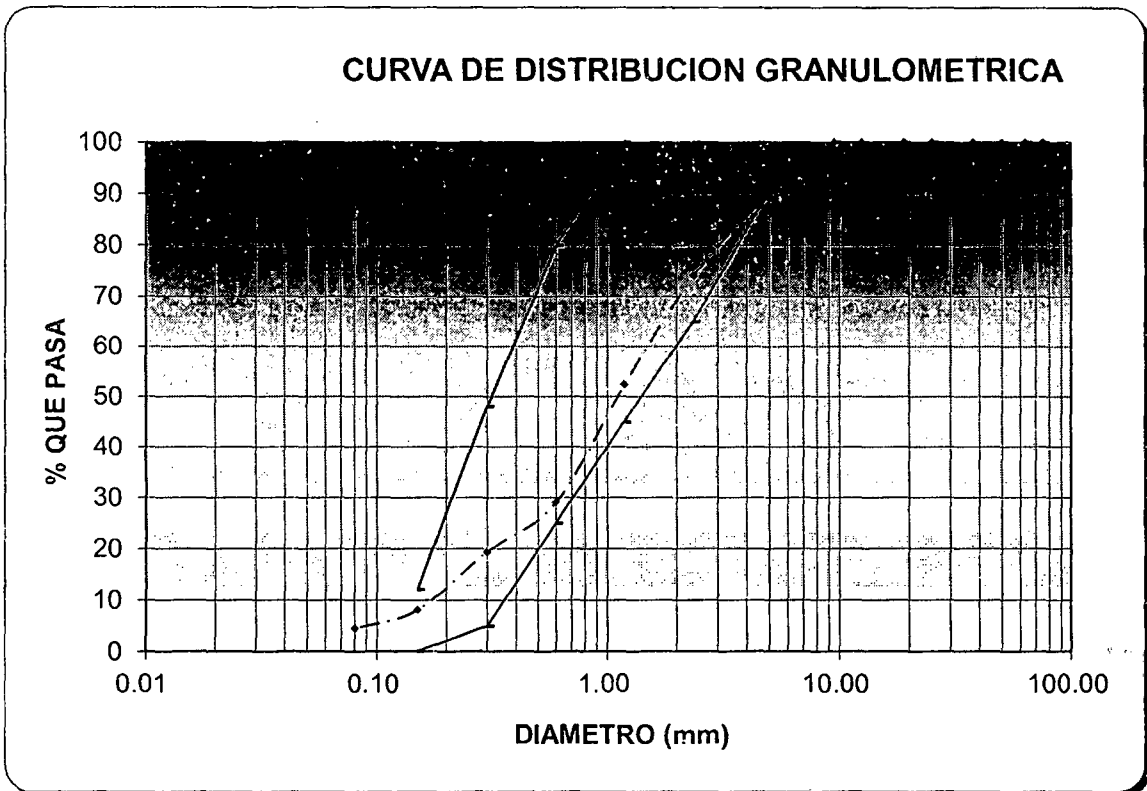
$$MF = \frac{7.36 + 22.77 + 46.71 + 69.72 + 81.06 + 89.75}{100}$$

MF= 3.17

Muestra seca al horno (ensayo N° 03)

PESO SECO INICIAL = 1490.00 gr.

TAMIZ N°	ABERTUR A (mm)	PESO RETENIDO		PORCENTAJ E RETENIDO ACUMULAD O	PORCENTAJ E QUE PASA	GRADACION 'C'	
		PARCIA L	ACUMULAD O				
3	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 ½	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 ½	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
¾	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
½	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
¾	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N°4	4.75	163.00	163.00	10.94	89.06	89.00	100.00
N 8	2.36	224.00	387.00	25.97	74.03	65.00	100.00
N 16	1.18	324.00	711.00	47.72	52.28	45.00	100.00
N 30	0.60	345.00	1056.00	70.87	29.13	25.00	80.00
N 50	0.30	145.00	1201.00	80.60	19.40	5.00	48.00
N 100	0.15	168.00	1369.00	91.88	8.12	0.00	12.00
N 200	0.08	55.00	1424.00	95.57	4.43	0.00	0.00
CAZOLET A	--	66.00	1490.00	100.00	0.00		
TOTAL		1490.00					



D10=0.16

D30=0.56

D60=1.60

Cu=10.00

Cc=1.23

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido acumulado en tamices (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

$$MF = \frac{10.94 + 25.97 + 47.72 + 70.87 + 80.60 + 91.88}{100}$$

MF= 3.27

Promedio del módulo de finura:

Ensayo 01: MF=3.21

Ensayo 02: MF=3.17

Ensayo 03: MF=3.27

Promedio: MF=3.22

B. Peso Específico Y Absorción:

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS				
ASTM C127 / MTC E 205-2000				
W _{agregado SSS} (gr)	500.00	500.00	500.00	
W _{fiola} (gr)	212.60	212.60	212.60	
W _{agregado + fiola} (gr)	714.30	715.30	716.30	
W _{fiola + agregado + agua} (gr)	1017.00	1019.00	1018.00	
V _a = V _{agua añadida} (cm ³)	304.40	306.40	305.40	
W _{tara} (gr)	121.6	143.4	115.6	
W _{tara + muestra seca} (gr)	616.00	638.00	610.00	
W _o = W _{Muestra Seca} (gr)	494.40	494.60	494.40	
Peso específico APARENTE (gr/cm ³)	2.61	2.64	2.62	2.62

C. Material que pasa por el tamiz N°200

Porcentaje que pasa por el tamiz N°200-A.S.T.M. 117/NTP 400.018			
Ensayo N°	1	2	3
Peso seco de la muestra original (gr)	500	500	500
Peso seco de la muestra lavada (gr)	489.0	488.00	490.00
Peso del material que pasa el tamiz N°200 (gr)	11.0	11.60	9.40
Porcentaje del material que pasa el tamiz N° 200	2.20%	2.32%	1.18%
Promedio	2.13%		

D. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO- ASTM C 29, NTP 400.017	
Calculo del peso específico del agua	
Peso de fiola+agua (gr)	710.00
Peso de fiola (gr)	212.60
Peso de agua (gr)	499.10
Volumen fiola (cm3)	500.00
Peso específico=W/V (gr/cm3)	0.9982
P.e en (kg/m3)	998.20
Calculo del factor f	
Peso específico del agua (kg/m3)	998.20
Peso del MOLDE+vidrio (kg)	4.714
Peso del Cilindro+vidrio+Agua (kg)	7.945
Peso Agua (Pagua)=	3.231
>>> f (1/m3) =	308.964

D.1. Peso unitario suelto del agregado fino.

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO			
NTP 400.017 / ASTM C - 29			
ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	4568.00	4568.00	4568.00
Peso del recipiente + material (gr.)	9505.00	9493.00	9512.00
Peso del material (gr.)	4937.00	4925.00	4944.00
Factor (f)	308.964	308.964	308.964
Peso Unitario Seco Compactado (Kg/m3)	1525	1522	1528
P. UNITARIO S. SUELTO PROMEDIO =		1525	Kg/m3

D.1.2. Peso unitario compactado promedio.

P. UNITARIO S. COMPACTADO PROMEDIO			
NTP 400.017 / ASTM C - 29			
ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	4568.00	4568.00	4568.00
Peso del recipiente + material (gr.)	9874.00	9882.00	9895.00
Peso del material (gr.)	5306.00	5314.00	5327.00
Factor (f)	308.964	308.964	308.964
Peso Unitario Seco Compactado (Kg/m3)	1639	1642	1646
P. UNITARIO S. COMPACTADO PROMEDIO =		1642	Kg/m3

6.2. Cálculo de las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso:

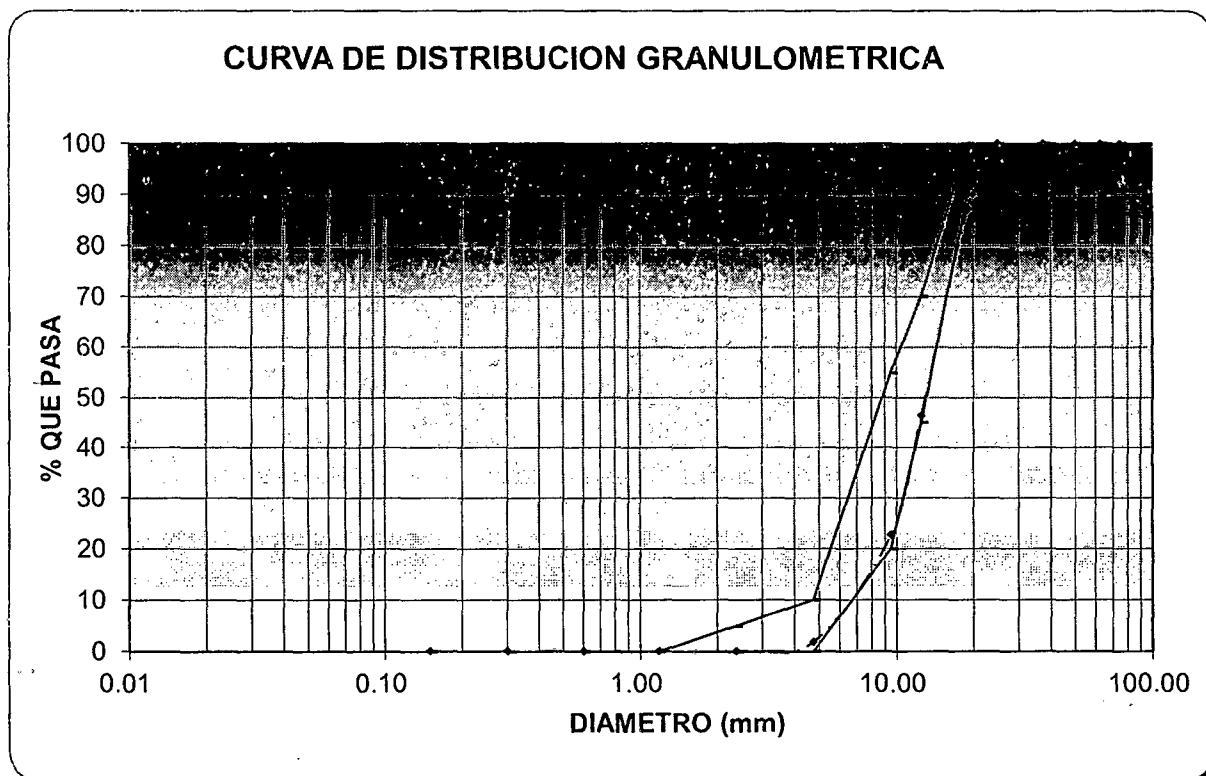
A. Análisis granulométrico en seco:

Muestra seca al horno (ensayo N° 01)

PESO SECO INICIAL = 7950.00 gr.

TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO		PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
		PARCIAL	ACUMULADO		
3	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
¾	19.00	1006.00	1006.00	12.65	87.35
½	12.50	3243.00	4249.00	53.45	46.55
3/8	9.50	1896.00	6145.00	77.30	22.70
N°4	4.75	1654.00	7799.00	98.10	1.90
N 8	2.36	143.00	7942.00	99.90	0.10
N 16	1.18	0.00	7942.00	99.90	0.10
N 30	0.60	0.00	7942.00	99.90	0.10
N 50	0.30	0.00	7942.00	99.90	0.10
N 100	0.15	0.00	7942.00	99.90	0.10
N 200	0.08	0.00	7942.00	99.90	0.10
CAZOLETA	-	8.00	7950.00	100.00	0.00
TOTAL		7950.00			

HUSO 67	
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
90.00	100.00
45.00	70.00
20.00	55.00
0.00	10.00
0.00	5.00
0.00	0.00
0.00	0.00
0.00	0.00
0.00	0.00



D10=7.00

D30=11.00

D60=16.00

Cu=2.29

Cc=1.08

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido acumulado en tamices (1 1/2", 3/4", 3/8", N°4) + 500}}{100}$$

$$MF = \frac{0 + 12.65 + 53.45 + 77.30 + 500}{100}$$

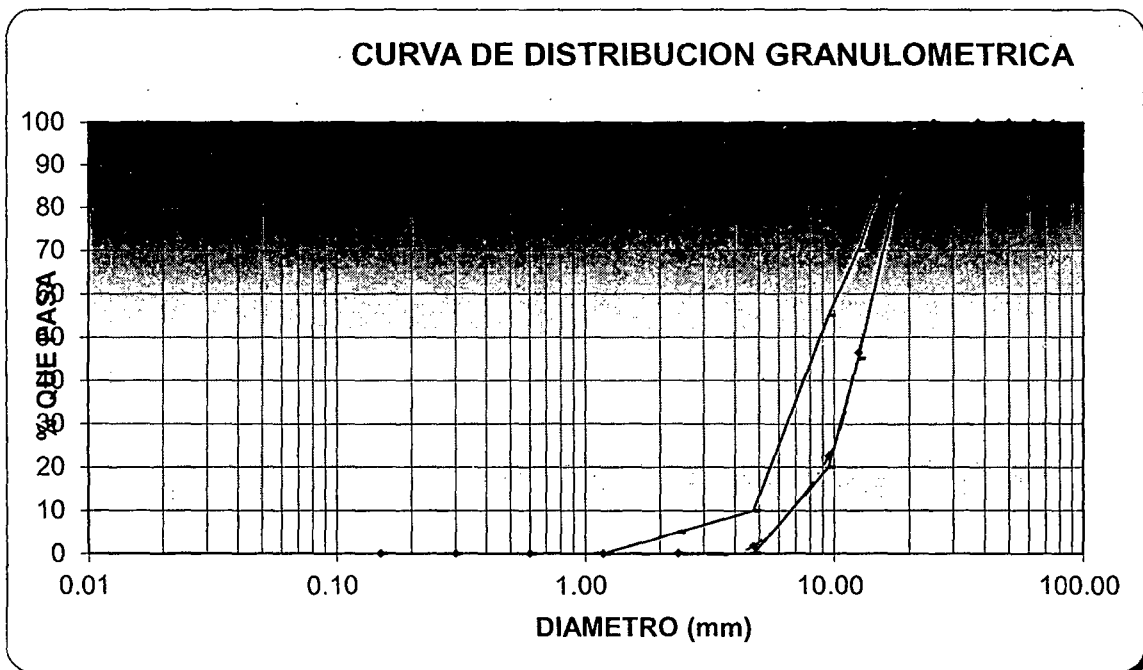
MF= 6.43

Muestra seca al horno (ensayo N°02)

PESO SECO INICIAL = 7900.00 gr.

TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO		PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
		PARCIAL	ACUMULADO		
3	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
¾	19.00	1012.00	1012.00	12.81	87.19
½	12.50	3222.00	4234.00	53.59	46.41
⅜	9.50	1877.00	6111.00	77.35	22.65
N°4	4.75	1644.00	7755.00	98.16	1.84
N 8	2.36	137.00	7892.00	99.90	0.10
N 16	1.18	0.00	7892.00	99.90	0.10
N 30	0.60	0.00	7892.00	99.90	0.10
N 50	0.30	0.00	7892.00	99.90	0.10
N 100	0.15	0.00	7892.00	99.90	0.10
N 200	0.08	0.00	7892.00	99.90	0.10
CAZOLETA	-	8.00	7900.00	100.00	0.00
TOTAL		7900.00			

HUSO 67	
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
90.00	100.00
45.00	70.00
20.00	55.00
0.00	10.00
0.00	5.00
0.00	0.00
0.00	0.00
0.00	0.00
0.00	0.00



D10=7.00

D30=12.00

D60=15.50

Cu=2.21

Cc=1.33

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido acumulado en tamices } (1 \frac{1}{2}'' , 3/4'' , 3/8'' , N^{\circ}4) + 500}{100}$$

$$MF = \frac{0 + 12.81 + 53.59 + 77.30 + 500}{100}$$

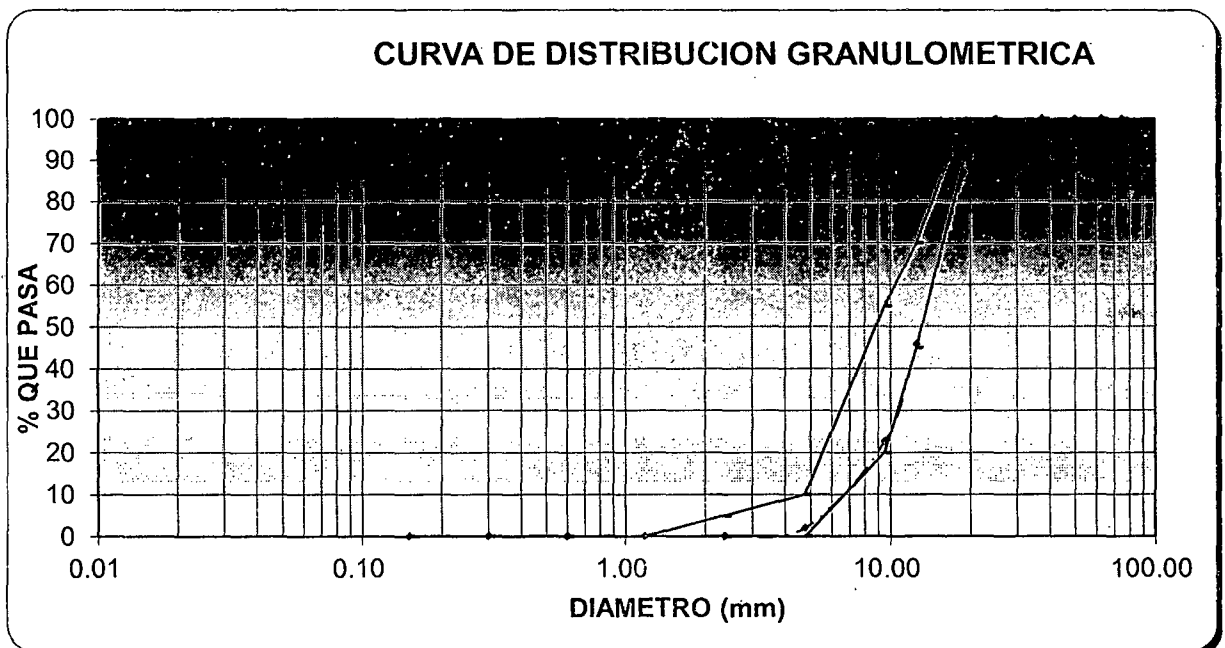
MF= 6.43

Muestra seca al horno (ensayo N°03)

PESO SECO INICIAL = 7894.00 gr.

TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO		PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
		PARCIAL	ACUMULADO		
3	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
¾	19.00	1024.00	1024.00	12.97	87.03
½	12.50	3255.00	4279.00	54.21	45.79
⅜	9.50	1824.00	6103.00	77.31	22.69
N°4	4.75	1627.00	7730.00	97.92	2.08
N 8	2.36	156.00	7886.00	99.90	0.10
N 16	1.18	0.00	7886.00	99.90	0.10
N 30	0.60	0.00	7886.00	99.90	0.10
N 50	0.30	0.00	7886.00	99.90	0.10
N 100	0.15	0.00	7886.00	99.90	0.10
N 200	0.08	0.00	7886.00	99.90	0.10
CAZOLETA	-.-	8.00	7894.00	100.00	0.00
TOTAL		7894.00			

HUSO 67	
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
90.00	100.00
45.00	70.00
20.00	55.00
0.00	10.00
0.00	5.00
0.00	0.00
0.00	0.00
0.00	0.00
0.00	0.00



D10=6.80 D30=11.00 D60=16.50
Cc=2.43 Cc=1.08

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido acumulado en tamices (1 1/2", 3/4", 3/8", N°4) + 500}}{100}$$

$$MF = \frac{0 + 12.97 + 54.21 + 77.31 + 500}{100}$$

MF= 6.45

Tamaño máximo:

El tamaño máximo del agregado grueso fue de 3/4" (37.5 mm)

Promedio del módulo de finura:

Ensayo 01: MF=6.43

Ensayo 02: MF=6.43

Ensayo 03: MF=6.45

Promedio: MF=6.44

B. Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso.

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO- ASTM C 29/NTP 400.017			
ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	4568.00	4568.00	4568.00
Peso del recipiente + material (gr.)	9216.00	9228.00	9234.00
Peso del material (gr.)	4648.00	4660.00	4666.00
Factor (f)	308.964	308.964	308.964
Peso Unitario Seco Compactado (Kg/m3)	1436	1440	1442
P. UNITARIO S. SUELTO PROMEDIO =	1439		Kg/m3

Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso.

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO- ASTM C 29/NTP 400.017			
ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	4568.00	4568.00	4568.00
Peso del recipiente + material (gr.)	9546.00	9556.00	9560.00
Peso del material (gr.)	4978.00	4988.00	4992.00
Factor (f)	308.964	308.964	308.964
Peso Unitario Seco Compactado (Kg/m3)	1538	1541	1542
P. UNITARIO SCOMPACTADO PROMEDIO =		1540	Kg/m3

6.3. Diseño de mezcla por el método de combinación de agregados:

6.3.1. Diseño de mezcla de concreto, con agua a 4°C de temperatura:

1. ESPECIFICACIONES:

Resistencia a la compresión: $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Características de los materiales:

Tipo de cemento: Cemento Pacasmayo Tipo I

Peso específico del cemento: 3.11 gr/cm³

Agua utilizada en la mezcla: Agua potable a temperatura de 4°C

2. CANTERA:

Agregado fino: Planta de Chancado Roca Fuerte

Agregado grueso: Planta de Chancado Roca Fuerte

3. TIPO DE CONCRETO:

$F'c$: 210 kg/cm²

$F'cr$: 252 kg/cm²

4. PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS:

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4"	
P. ESPECIFICO APARENTE	2.62	gr/cm ³	2.63	gr/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1525	Kg/m ³	1439	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1642	Kg/m ³	1540	Kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.30		0.28	
ABSORCION (%)	1.12		0.99	
MODULO DE FINURA	3.22		6.88	
ABRASION (%)			28.00	
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N° 200	2.13		0.46	

5. ASENTAMIENTO 3" - 4"

6. CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO 205 Lt/m³

7. AIRE ATRAPADO (%) 2.0

8. RELACION A/Mc 0.612

9. FACTOR CEMENTO 334.97 Kg/m³ 7.88 Bolsas/m³

10. METODO VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMENTO 0.1077065 m³

AGUA DE MEZCLADO 0.205 m³

AIRE (%) 0.02 m³

SUMA 0.332706534 m³

11. VOLUMEN DE AGREGADOS : 0.66729347

12. DISEÑO POR EL METODO DE COMBINACION DE AGREGADOS

MODULO DE COMBINACION 5.1

%AGREGADO FINO 48.59

%AGREGADO GRUESO 51.41

13. PESO DE AGREGADOS

AGREGADO FINO SECO	850	kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO	902	kg/m3

14. APOORTE DE AGUA DE LOS AGREGADOS

APOORTE DEL AGREGADO FINO	35.53
APOORTE DEL AGREGADO GRUESO	-6.4
TOTAL	29.13

15. MATERIALES DE DISEÑO

CEMENTO	334.97	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	850.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	902.00	Kg
AIRE ATRAPADO	2.00	%

16. MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	334.97	Kg
AGUA EFECTIVA	175.90	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	895.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	905.00	Kg
AIRE ATRAPADO	2.00	%

17. PROPORCION EN PESO

CEMENTO	1.00
A.FINO	2.67
A.GRUESO	2.70
AGUA (Lt / Bolsa)	22.30

18. PROPORCION EN VOLUMEN

CEMENTO	1.00
A.FINO	2.50
A.GRUESO	2.81
AGUA (Lt / Bolsa)	22.30

19. PARA TANDA 0.0859 M3 (PARA 16 ESPECIMENES)

Cemento	32156.00	g
Agua Efectiva	16888.00	cm3
Agregado fino Húmedo	85920.00	g
Agregado Grueso Húmedo	86880.00	g
Agua adicional	-1688.00	cm3
Mezcla	cohesiva	
Asentamiento	4"	
Agua utilizada	15200	cm3

6.3.2. Diseño de mezcla de concreto, con agua a 18.5°C de temperatura:

1. ESPECIFICACIONES:

Resistencia a la compresión: $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Características de los materiales:

Tipo de cemento: Cemento Pacasmayo Tipo I

Peso específico del cemento: 3.11 gr/cm³

Agua utilizada en la mezcla: Agua potable a temperatura de 18.5°C

2. CANTERA:

Agregado fino: Planta de Chancado Roca Fuerte

Agregado grueso: Planta de Chancado Roca Fuerte

3. TIPO DE CONCRETO:

$F'c$: 210 kg/cm²

$F'cr$: 252 kg/cm²

4. PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS:

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4"	
P. ESPECIFICO APARENTE	2.62	gr/cm ³	2.63	gr/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1525	Kg/m ³	1439	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1642	Kg/m ³	1540	Kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.30		0.28	
ABSORCION (%)	1.12		0.99	
MODULO DE FINURA	3.22		6.88	
ABRASION (%)			28.00	
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N° 200	2.13		0.46	

5. ASENTAMIENTO 3" - 4"

6. CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO 205 Lt/m³

7. AIRE ATRAPADO (%) 2.0

8. RELACION A/Mc 0.612

9. FACTOR CEMENTO 334.97 Kg/m³ 7.8 Bolsas/
8 m³

10. METODO VOLUMENES ABSOLUTOS

	0.10770	
CEMENTO	65	m ³
AGUA DE MEZCLADO	0.205	m ³
AIRE (%)	0.02	m ³
SUMA	0.3327065	m ³

11. VOLUMEN DE AGREGADOS : 0.667294

12. DISEÑO POR EL METODO DE COMBINACION DE AGREGADOS

MODULO DE COMBINACION	5.1
%AGREGADO FINO	48.59
%AGREGADO GRUESO	51.41

13. PESO DE AGREGADOS

AGREGADO FINO SECO	850	kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO	910	kg/m3

14. APOORTE DE AGUA DE LOS AGREGADOS

APORTE DEL AGREGADO FINO	35.53
APORTE DEL AGREGADO GRUESO	-6.4
TOTAL	29.13

15. MATERIALES DE DISEÑO

CEMENTO	334.97	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	850.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	902.00	Kg
AIRE ATRAPADO	2.00	%

16. MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	334.97	Kg
AGUA EFECTIVA	175.90	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	895.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	905.00	Kg
AIRE ATRAPADO	2.00	%

17. PROPORCION EN PESO

CEMENTO	1.00
A.FINO	2.67
A.GRUESO	2.70
AGUA (Lt / Bolsa)	22.30

18. PROPORCION EN VOLUMEN

CEMENTO	1.00
A.FINO	2.50
A.GRUESO	2.81
AGUA (Lt / Bolsa)	22.30

19. PARA-TANDA 0.0859-M3 (PARA 16 ESPECIMENES)

Cemento	32156.88	g
Agua Efectiva	16886.40	cm3
Agregado fino Húmedo	85920.00	g
Agregado Grueso Húmedo	86880.00	g
Agua adicional	-1286.40	cm3
Mezcla	cohesiva	
Asentamiento	4"	
Agua utilizada	15600	cm3

6.3.3. Diseño de mezcla de concreto, con agua a 40°C de temperatura:

1. ESPECIFICACIONES:

Resistencia a la compresión: $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Características de los materiales:

Tipo de cemento: Cemento Pacasmayo Tipo

I

Peso específico del cemento: 3.11 gr/cm³

Agua utilizada en la mezcla: Agua potable a temperatura de 40°C

2. CANTERA:

Agregado fino: Planta de Chancado Roca Fuerte

Agregado grueso: Planta de Chancado Roca Fuerte

3. TIPO DE CONCRETO:

$F'c$: 210 kg/cm²

$F'cr$: 252 kg/cm²

4. PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS:

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO		AGREGADOGRUESO	
	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4"
P. ESPECIFICO APARENTE	2.62	gr/cm ³	2.63	gr/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1525	Kg/m ³	1439	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1642	Kg/m ³	1540	Kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.30		0.28	
ABSORCION (%)	1.12		0.99	
MODULO DE FINURA	3.22		6.88	
ABRASION (%)			28.00	
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N° 200	2.13		0.46	

5. ASENTAMIENTO

3" - 4"

6. CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO

205 Lt/m³

7. AIRE ATRAPADO (%)

2.0

8. RELACION A/Mc

0.612

9. FACTOR CEMENTO

334.97 Kg/m³ 7.88 Bolsas/m³

10. METODO VOLUMENES ABSOLUTOS

	0.107706	
CEMENTO	5	m ³
AGUA DE MEZCLADO	0.205	m ³
AIRE (%)	0.02	m ³
	0.332706	
SUMA	53	m ³

11. VOLUMEN DE AGREGADOS :

0.66729347

12. DISEÑO POR EL METODO DE COMBINACION DE AGREGADOS

MODULO DE COMBINACION 5.1

%AGREGADO FINO	48.59
%AGREGADO GRUESO	51.41

13. PESO DE AGREGADOS

AGREGADO FINO SECO	850	kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO	910	kg/m3

14. APORTE DE AGUA DE LOS AGREGADOS

APORTE DEL AGREGADO FINO	35.53
APORTE DEL AGREGADO GRUESO	-6.4
TOTAL	29.13

15. MATERIALES DE DISEÑO

CEMENTO	334.97	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	850.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	902.00	Kg
AIRE ATRAPADO	2.00	%

16. MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	334.97	Kg
AGUA EFECTIVA	175.90	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	895.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	905.00	Kg
AIRE ATRAPADO	2.00	%

17. PROPORCION EN PESO	
CEMENTO	1.00
A.FINO	2.67
A.GRUESO	2.70
AGUA (Lt / Bolsa)	22.30

18. PROPORCION EN VOLUMEN	
CEMENTO	1.00
A.FINO	2.50
A.GRUESO	2.81
AGUA (Lt / Bolsa)	22.30

19. PARA TANDA 0.0859 M3 (PARA 16 ESPECIMENES)

Cemento	32156.88	g
Agua Efectiva	16886.40	cm3
Agregado fino Húmedo	85920.00	g
Agregado Grueso Húmedo	86880.00	g
Agua adicional	-46.40	cm3
Mezcla	cohesiva	
Asentamiento	4"	
Agua utilizada	16840	cm3

6.3.4. Diseño de mezcla de concreto, con agua a 60°C de temperatura:

1. ESPECIFICACIONES:

Resistencia a la compresión: $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Características de los materiales:

Tipo de cemento: Cemento Pacasmayo Tipo I

Peso específico del cemento: 3.11 gr/cm³

Agua utilizada en la mezcla: Agua potable a temperatura de 60°C

2. CANTERA:

Agregado fino: Planta de Chancado Roca Fuerte

Agregado grueso: Planta de Chancado Roca Fuerte

3. TIPO DE CONCRETO:

$F'c$: 210 kg/cm²

$F'cr$: 252 kg/cm²

4. PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS:

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4"	
P. ESPECIFICO APARENTE	2.62	gr/cm ³	2.63	gr/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1525	Kg/m ³	1439	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1642	Kg/m ³	1540	Kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.30		0.28	
ABSORCION (%)	1.12		0.99	
MODULO DE FINURA	3.22		6.88	
ABRASION (%)			28.00	
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	2.13		0.46	

5. ASENTAMIENTO

3" - 4"

6. CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO

205 Lt/m³

7. AIRE ATRAPADO (%)

2.0

8. RELACION A/Mc

0.612

9. FACTOR CEMENTO

334.97 Kg/m³ 7.88 Bolsas/m³

10. METODO VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMENTO	0.1077065	m ³
AGUA DE MEZCLADO	0.205	m ³
AIRE (%)	0.02	m ³
SUMA	0.3327065	m ³

11. VOLUMEN DE AGREGADOS :

0.6672935

12. DISEÑO POR EL METODO DE COMBINACION DE AGREGADOS

MODULO DE COMBINACION 5.1

%AGREGADO FINO 48.59

%AGREGADO GRUESO 51.41

13. PESO DE AGREGADOS

AGREGADO FINO SECO	850	kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO	902	kg/m3

14. APORTE DE AGUA DE LOS AGREGADOS

APORTE DEL AGREGADO FINO	35.53
APORTE DEL AGREGADO GRUESO	-6.4
TOTAL	29.13

15. MATERIALES DE DISEÑO

CEMENTO	334.97	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	850.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	902.00	Kg
AIRE ATRAPADO	2.00	%

16. MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	334.97	Kg
AGUA EFECTIVA	175.90	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	895.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	905.00	Kg
AIRE ATRAPADO	2.00	%

17. PROPORCION EN PESO

CEMENTO	1.00
A.FINO	2.67
A.GRUESO	2.70
AGUA (Lt / Bolsa)	22.30

18. PROPORCION EN VOLUMEN

CEMENTO	1.00
A.FINO	2.50
A.GRUESO	2.81
AGUA (Lt / Bolsa)	22.30

19. PARA TANDA 0.0859 M3 (PARA 16 ESPECIMENES)

Cemento	32156.88	g
Agua Efectiva	16886.40	cm3
Agregado fino Húmedo	85920.00	g
Agregado Grueso Húmedo	86880.00	g
Agua adicional	313.60	cm3
Mezcla	cohesiva	
Asentamiento	4"	
Agua utilizada	17200	cm3

6.3.5. Diseño de mezcla de concreto con agua a 80°C de temperatura:

1. ESPECIFICACIONES:

Resistencia a la compresión: $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Características de los materiales:

Tipo de cemento: Cemento Pacasmayo Tipo I

Peso específico del cemento: 3.11 gr/cm³

Agua utilizada en la mezcla: Agua potable a temperatura de 80°C

2. CANTERA:

Agregado fino: Planta de Chancado Roca Fuerte

Agregado grueso: Planta de Chancado Roca Fuerte

3. TIPO DE CONCRETO:

$F'c$: 210 kg/cm²

$F'cr$: 252 kg/cm²

4. PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS:

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4"	
P. ESPECIFICO APARENTE	2.62	gr/cm ³	2.63	gr/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1525	Kg/m ³	1439	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1642	Kg/m ³	1540	Kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.30		0.28	
ABSORCION (%)	1.12		0.99	
MODULO DE FINURA	3.22		6.88	
ABRASION (%)			28.00	
PORCENTAJE QUE PASA MALLA Nº 200	2.13		0.46	

5. ASENTAMIENTO 3" - 4"

6. CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO 205 Lt/m³

7. AIRE ATRAPADO (%) 1.5

8. RELACION A/Mc 0.612

9. FACTOR CEMENTO 334.97 Kg/m³ 7.88 Bolsas/m³

10. METODO VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMENTO 0.1077065 m³

AGUA DE MEZCLADO 0.205 m³

AIRE (%) 0.015 m³

SUMA 0.32770653 m³

11. VOLUMEN DE AGREGADOS : 0.67229347

12. DISEÑO POR EL METODO DE COMBINACION DE AGREGADOS

MODULO DE COMBINACION 5.1

%AGREGADO FINO 48.59

%AGREGADO GRUESO 51.41

13. PESO DE AGREGADOS

AGREGADO FINO SECO	856	kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO	909	kg/m3

14. APOORTE DE AGUA DE LOS AGREGADOS

APORTE DEL AGREGADO FINO	35.78
APORTE DEL AGREGADO GRUESO	-6.45
TOTAL	29.33

15. MATERIALES DE DISEÑO

CEMENTO	334.97	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	850.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	902.00	Kg
AIRE ATRAPADO	1.50	%

16. MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	334.97	Kg
AGUA EFECTIVA	175.90	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	895.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	905.00	Kg
AIRE ATRAPADO	2.00	%

17. PROPORCION EN PESO

CEMENTO	1.00
A.FINO	2.69
A.GRUESO	2.72
AGUA (Lt / Bolsa)	22.30

18. PROPORCION EN VOLUMEN

CEMENTO	1.00
A.FINO	2.51
A.GRUESO	2.83
AGUA (Lt / Bolsa)	22.30

19. PARA TANDA 0.0859 M3 (PARA 16 ESPECIMENES)

Cemento	32156.88	g
Agua Efectiva	16867.20	cm3
Agregado fino Húmedo	85920.00	g
Agregado Grueso Húmedo	87552.00	g
Agua adicional	832.80	cm3
Mezcla	cohesiva	
Asentamiento	4"	
Agua utilizada	17700	cm3

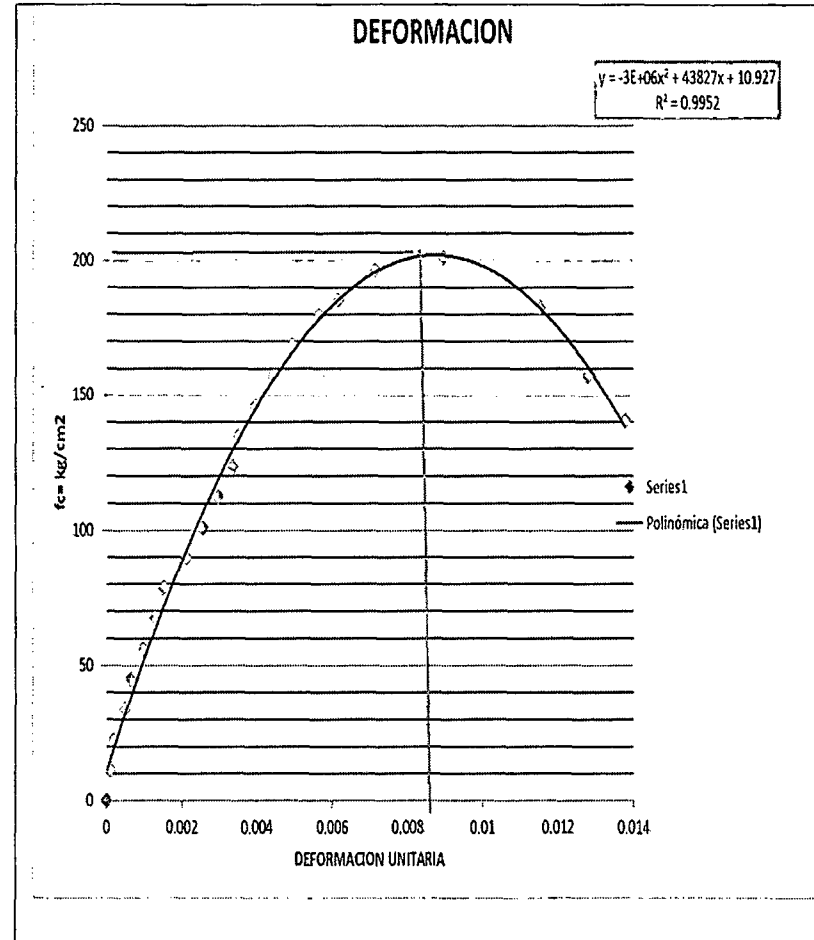
6.4. Diagramas: Esfuerzo vs Deformación unitaria de los especímenes de concreto, con Temperaturas de Agua en el Mezclado de 4°, 18.5°, 40°, 60° Y 80°; Sometidos a la compresión a los 7,14,21 Y 28 días.

ESPECIMEN: TEMPERATURA 4°C, EDAD 7 DIAS

Cemento Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 Edad 7 días
 Fecha de elaboración 02/10/2014
 Fecha de rotura 09/10/2014
 Resistencia característica (kg/cm²) 210
 Área de probeta (cm²) 178.01
 Altura (mm) 301.5

Ecuación de la curva $Esf. = -3E + 06X^2 + 43827x + 10.927$
 Coeficiente de correlación $R^2 = 0.9952$
 Esfuerzo de rotura (kg/cm²) 201.13
 E: tan α
 Módulo de elasticidad (kg/cm²) 22456.30836

CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	f _c (kg/cm ²) 7 DIAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
2000	0.02	15.1	178.09	11.2302768	9.84252E-05
4000	0.04	15.1	178.09	22.4605537	0.00019685
6000	0.1	15.1	178.09	33.6908305	0.000492126
8000	0.13	15.1	178.09	44.9211073	0.000639764
10000	0.2	15.1	178.09	56.1513841	0.000984252
12000	0.26	15.1	178.09	67.381661	0.001279528
14000	0.31	15.1	178.09	78.6119378	0.001525591
16000	0.43	15.1	178.09	89.8422146	0.002116142
18000	0.52	15.1	178.09	101.072491	0.002559055
20000	0.6	15.1	178.09	112.302768	0.002952756
22000	0.68	15.1	178.09	123.533045	0.003346457
24000	0.71	15.1	178.09	134.763322	0.003494094
26000	0.8	15.1	178.09	145.993599	0.003937008
28000	0.9	15.1	178.09	157.223876	0.004429134
30000	1	15.1	178.09	168.454152	0.00492126
32000	1.15	15.1	178.09	179.684429	0.005659449
33000	1.25	15.1	178.09	185.299568	0.006151575
35000	1.45	15.1	178.09	196.529844	0.007135827
35820	1.82	15.1	178.09	201.134258	0.008956693
32500	2.34	15.1	178.09	182.491998	0.011515748
28000	2.6	15.1	178.09	157.223876	0.012795276
25000	2.8	15.1	178.09	140.37846	0.013779528
	E=	15000(f _c) ^{0.5}	POR:CONCRETO ARMADO		
	E=	21273.2715	Kg/cm ²		



ESPECIMEN: TEMPERATURA 4°C, EDAD 14 DIAS

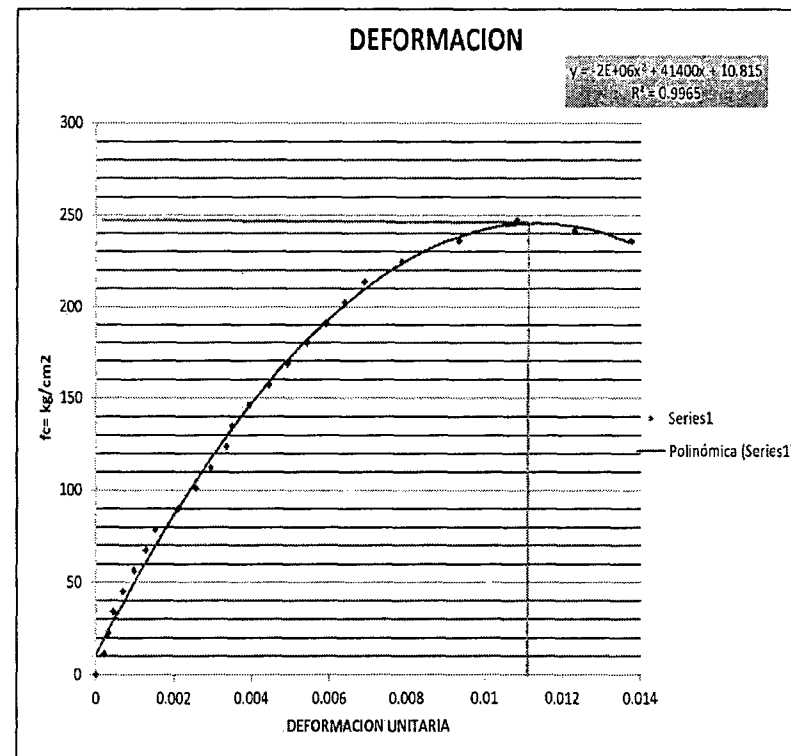
Cemento Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 Edad 14 días
 Fecha de elaboración 02/10/2014
 Fecha de rotura 16/10/2014
 Resistencia característica (kg/cm²) 210
 Área de probeta (cm²) 178.01
 Altura (mm) 301.5

Ecuación de la curva
 Coeficiente de correlación
 Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
 E:
 Módulo de elasticidad (kg/cm²)

Esf. $=-3E + 06X^2 + 41400x + 10.815$
 R² =0.9965
 247.07
 tan α
 22819.92251

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	f _c (kg/cm ²) 14 DÍAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
2000	0.042	15.1	178.09	11.2302768	0.000206693
4000	0.064	15.1	178.09	22.4605537	0.000314961
6000	0.09	15.1	178.09	33.6908305	0.000442913
8000	0.14	15.1	178.09	44.9211073	0.000688976
10000	0.2	15.1	178.09	56.1513841	0.000984252
12000	0.26	15.1	178.09	67.381661	0.001279528
14000	0.31	15.1	178.09	78.6119378	0.001525591
16000	0.43	15.1	178.09	89.8422146	0.002116142
18000	0.52	15.1	178.09	101.072491	0.002559055
20000	0.6	15.1	178.09	112.302768	0.002952756
22000	0.68	15.1	178.09	123.533045	0.003346457
24000	0.71	15.1	178.09	134.763322	0.003494094
26000	0.8	15.1	178.09	145.993599	0.003937008
28000	0.9	15.1	178.09	157.223876	0.004429134
30000	1	15.1	178.09	168.454152	0.00492126
32000	1.1	15.1	178.09	179.684429	0.005413386
34000	1.2	15.1	178.09	190.914706	0.005905512
36000	1.3	15.1	178.09	202.144983	0.006397638
38000	1.4	15.1	178.09	213.37526	0.006889764
40000	1.6	15.1	178.09	224.605537	0.007874016
42000	1.9	15.1	178.09	235.835813	0.009350394
44000	2.2	15.1	178.09	247.06609	0.010826772
43000	2.5	15.1	178.09	241.450952	0.01230315
42000	2.8	15.1	178.09	235.835813	0.013779528

E= 15000 Kg/cm² POR CONCRETO ARMADO
 E_s = 23577.5042 Kg/cm²



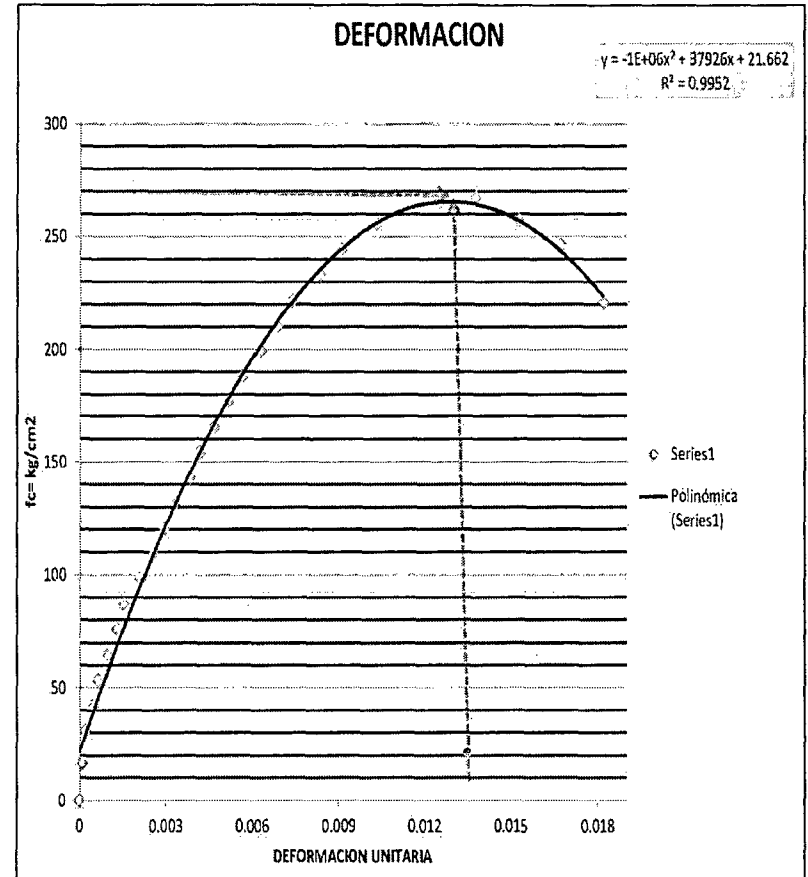
ESPECIMEN: TEMPERATURA 4°C, EDAD 21 DIAS

Cemento Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 Edad 21 días
 Fecha de elaboración 02/10/2014
 Fecha de rotura 23/10/2014
 Resistencia característica (kg/cm2) 210
 Área de probeta (cm2) 178.01
 Altura (mm) 301.5

Ecuación de la curva
 Coeficiente de correlación
 Esfuerzo de rotura (kg/cm2)
 E:
 Módulo de elasticidad (kg/cm2)

Esf. $=-3E + 06X2 + 37926x + 21.662$
 $R2 = 0.9952$
 267.42
 tan α
 19407.1853

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	f'c (kg/cm2) 21 DÍAS	ϵ
0	0	15.1	178.09	0	0
3000	0.02	15.1	178.09	16.8454152	9.84252E-05
5500	0.04	15.1	178.09	30.8832613	0.00019685
7500	0.1	15.1	178.09	42.1135381	0.000492126
9500	0.13	15.1	178.09	53.3438149	0.000639764
11500	0.2	15.1	178.09	64.5740918	0.000984252
13500	0.26	15.1	178.09	75.8043686	0.001279528
15500	0.31	15.1	178.09	87.0346454	0.001525591
17500	0.43	15.1	178.09	98.2649222	0.002116142
19500	0.52	15.1	178.09	109.495199	0.002559055
21500	0.6	15.1	178.09	120.725476	0.002952756
23500	0.68	15.1	178.09	131.955753	0.003346457
25500	0.78	15.1	178.09	143.18603	0.003838583
27500	0.85	15.1	178.09	154.416306	0.004183071
29500	0.95	15.1	178.09	165.646583	0.004675197
31500	1.05	15.1	178.09	176.87686	0.005167323
33500	1.15	15.1	178.09	188.107137	0.005659449
35500	1.28	15.1	178.09	199.337414	0.006299213
37500	1.4	15.1	178.09	210.56769	0.006889764
39500	1.5	15.1	178.09	221.797967	0.00738189
41500	1.7	15.1	178.09	233.028244	0.008366142
43500	1.85	15.1	178.09	244.258521	0.009104331
45500	2.1	15.1	178.09	255.488798	0.010334646
47500	2.54	15.1	179.09	265.229773	0.0125
48160	2.80	15.1	180.09	267.421845	0.013779528
46600	3.10	15.1	181.09	257.330609	0.015255906
44600	3.40	15.1	181.09	246.286377	0.016732283
40000	3.70	15.1	181.09	220.884643	0.018208661



15000 (f) 2015 POR CONCRETO ARMADO
 24529 155667 Kg/cm²

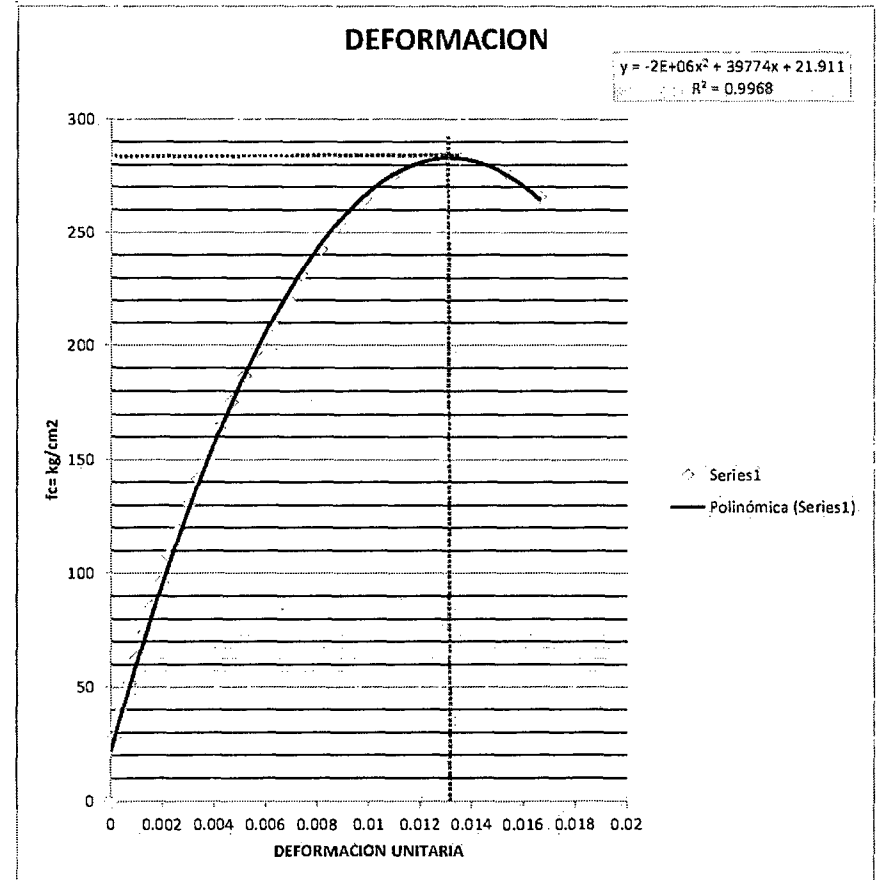
ESPECIMEN: TEMPERATURA 4°C, EDAD 28 DIAS

Cemento Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 Edad 28 días
 Fecha de elaboración 02/10/2014
 Fecha de rotura 30/10/2014
 Resistencia característica (kg/cm²) 210
 Área de probeta (cm²) 178.01
 Altura (mm) 301.5

Ecuación de la curva Esf.=-3E + 06X2 + 39774x + 21.911
 Coeficiente de correlación R2 =0.9968
 Esfuerzo de rotura (kg/cm²) 282.55
 E: tan α
 Módulo de elasticidad (kg/cm²) 20878.15456

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	f _c (kg/cm ²) 28 DÍAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
5000	0.03	15.1	178.09	28.0756921	0.000147638
7230	0.08	15.1	178.09	40.5974507	0.000393701
9230	0.15	15.1	178.09	51.8277276	0.000738189
11230	0.2	15.1	178.09	63.0580044	0.000984252
13230	0.26	15.1	178.09	74.2882812	0.001279528
15230	0.32	15.1	178.09	85.518558	0.001574803
17230	0.4	15.1	178.09	96.7488349	0.001968504
19230	0.46	15.1	178.09	107.979112	0.00226378
21230	0.54	15.1	178.09	119.209389	0.00265748
23230	0.62	15.1	178.09	130.439665	0.003051181
25230	0.68	15.1	178.09	141.669942	0.003346457
27230	0.78	15.1	178.09	152.900219	0.003838583
29230	0.85	15.1	178.09	164.130496	0.004183071
31230	0.95	15.1	178.09	175.360773	0.004675197
33230	1.05	15.1	178.09	186.591049	0.005167323
35230	1.15	15.1	178.09	197.821326	0.005659449
37230	1.28	15.1	178.09	209.051603	0.006299213
39230	1.4	15.1	178.09	220.28188	0.006889764
41230	1.5	15.1	178.09	231.512157	0.00738189
43230	1.65	15.1	178.09	242.742434	0.008120079
45230	1.8	15.1	178.09	253.97271	0.008858268
47230	2	15.1	178.09	265.202987	0.00984252
49230	2.25	15.1	178.09	276.433264	0.011072835
50320	2.75	15.1	178.09	282.553765	0.013583465
49320	3.11	15.1	178.09	276.938627	0.015305118
47320	3.38	15.1	178.09	265.70835	0.016633858

E = 15000 (f_c)^{0.5} = 26214.0035 Kg/cm²
 E = 26214.0035 Kg/cm²



ESPECIMEN: TEMPERATURA 18.5°C, EDAD 7 DIAS

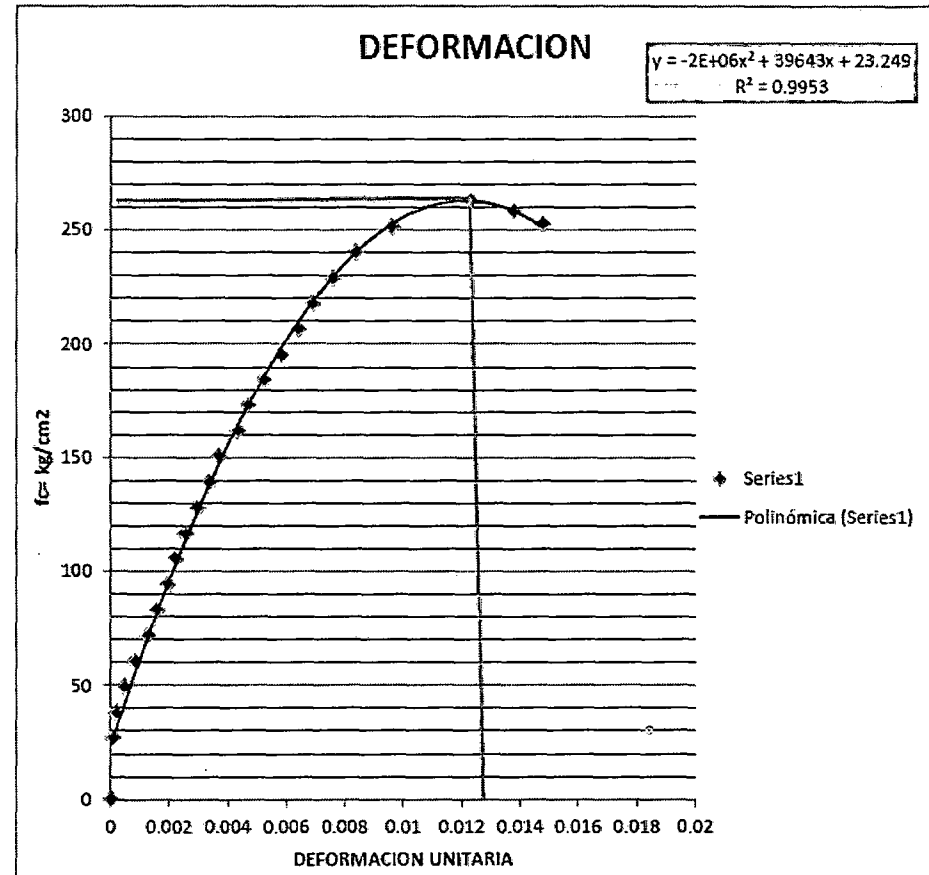
Cemento
 Edad
 Fecha de elaboración
 Fecha de rotura
 Resistencia característica (kg/cm²)
 Area de probeta (cm²)
 Altura (mm)

Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 7 días
 02/10/2014
 09/10/2014
 210
 178.01
 301.5

Ecuación de la curva
 Coeficiente de correlación
 Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
 E:
 Módulo de elasticidad (kg/cm²)

Esf. = -2E+06x² + 39643x + 23.249
 R² = 0.9953
 262.788478
 tan α
 21359.4475

CARGA A	DEFORMACIÓN	DIÁMETRO	ÁREA	f _c (kg/cm ²)	ε
(kg.)	(mm)	(cm)	(cm ²)	7 DIAS	
0	0	15.1	178.09	0	0
4800	0.02	15.1	178.09	26.95266438	9.84252E-05
6800	0.04	15.1	178.09	38.18294121	0.00019685
8800	0.1	15.1	178.09	49.41321804	0.000492126
10800	0.17	15.1	178.09	60.64349486	0.000836614
12800	0.26	15.1	178.09	71.87377169	0.001279528
14800	0.32	15.1	178.09	83.10404851	0.001574803
16800	0.4	15.1	178.09	94.33432534	0.001968504
18800	0.45	15.1	178.09	105.5646022	0.002214567
20800	0.52	15.1	178.09	116.794879	0.002559055
22800	0.6	15.1	178.09	128.0251558	0.002952756
24800	0.68	15.1	178.09	139.2554326	0.003346457
26800	0.75	15.1	178.09	150.4857095	0.003690945
28800	0.88	15.1	178.09	161.7159863	0.004330709
30800	0.95	15.1	178.09	172.9462631	0.004675197
32800	1.06	15.1	178.09	184.17654	0.005216535
34800	1.18	15.1	178.09	195.4068168	0.005807087
36800	1.3	15.1	178.09	206.6370936	0.006397638
38800	1.4	15.1	178.09	217.8673704	0.006889764
40800	1.54	15.1	178.09	229.0976473	0.00757874
42800	1.7	15.1	178.09	240.3279241	0.008366142
44800	1.95	15.1	178.09	251.5582009	0.009596457
46800	2.5	15.1	178.09	262.7884777	0.01230315
46000	2.8	15.1	178.09	258.296367	0.013779528
45000	3	15.1	178.09	252.6812286	0.01476378
E=	15000(fc) ^{0.5}	POR CONCRETO ARMADO			
E=	24316.1279	Kg/cm ²			



ESPECIMEN: TEMPERATURA 18.5°C, EDAD 14 DIAS

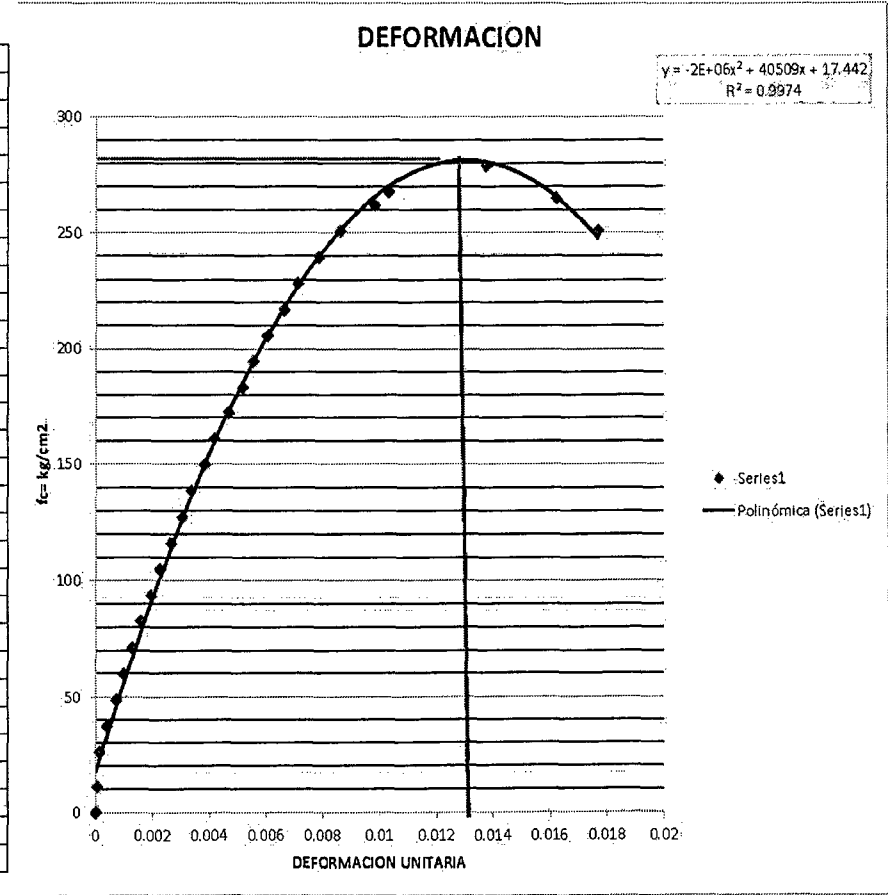
Cemento
 Edad
 Fecha de elaboración
 Fecha de rotura
 Resistencia característica (kg/cm2)
 Area de probeta (cm2)
 Altura (mm)

Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 14 días
 02/10/2014
 16/10/2014
 210
 178.01
 301.5

Ecuación de la curva
 Coeficiente de correlación
 Esfuerzo de rotura (kg/cm2)
 E:
 Módulo de elasticidad (kg/cm2)

Esf. $=-2E+06x^2 + 40509x + 17.442$
 R2 =0.9974
 278.791622
 tan α
 20232.3063

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	AREA (cm2)	f'c (kg/cm2) 14 DÍAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
2000	0.01	15.1	178.09	11.23027683	0.000049213
4650	0.03	15.1	178.09	26.11039362	0.000147638
6650	0.08	15.1	178.09	37.34067045	0.000393701
8650	0.15	15.1	178.09	48.57094727	0.000738189
10650	0.2	15.1	178.09	59.8012241	0.000984252
12650	0.26	15.1	178.09	71.03150093	0.001279528
14650	0.32	15.1	178.09	82.26177775	0.001574803
16650	0.4	15.1	178.09	93.49205458	0.001968504
18650	0.46	15.1	178.09	104.7223314	0.00226378
20650	0.54	15.1	178.09	115.9526082	0.00265748
22650	0.62	15.1	178.09	127.1828851	0.003051181
24650	0.68	15.1	178.09	138.4131619	0.003346457
26650	0.78	15.1	178.09	149.6434387	0.003838583
28650	0.85	15.1	178.09	160.8737155	0.004183071
30650	0.95	15.1	178.09	172.1039924	0.004675197
32650	1.05	15.1	178.09	183.3342692	0.005167323
34650	1.13	15.1	178.09	194.564546	0.005661024
36650	1.23	15.1	178.09	205.7948228	0.00605315
38650	1.35	15.1	178.09	217.0250997	0.006643701
40650	1.45	15.1	178.09	228.2553765	0.007135827
42650	1.6	15.1	178.09	239.4856533	0.007874016
44650	1.75	15.1	178.09	250.7159301	0.008612205
46650	2	15.1	178.09	261.946207	0.00984252
47650	2.10	15.1	178.09	267.5613454	0.010334646
49650	2.80	15.1	178.09	278.7916222	0.013779528
47150	3.30	15.1	178.09	264.7537762	0.016240157
44650	3.60	15.1	178.09	250.7159301	0.017716535
E=	15000(fc) ^{0.5}	POR CONCRETO ARMADO			
E=	25045.58145	Kg/cm ²			



ESPECIMEN: TEMPERATURA 18.5°C, EDAD 21 DIAS

Cemento
 Edad
 Fecha de elaboración
 Fecha de rotura
 Resistencia característica (kg/cm²)
 Area de probeta (cm²)
 Altura (mm)

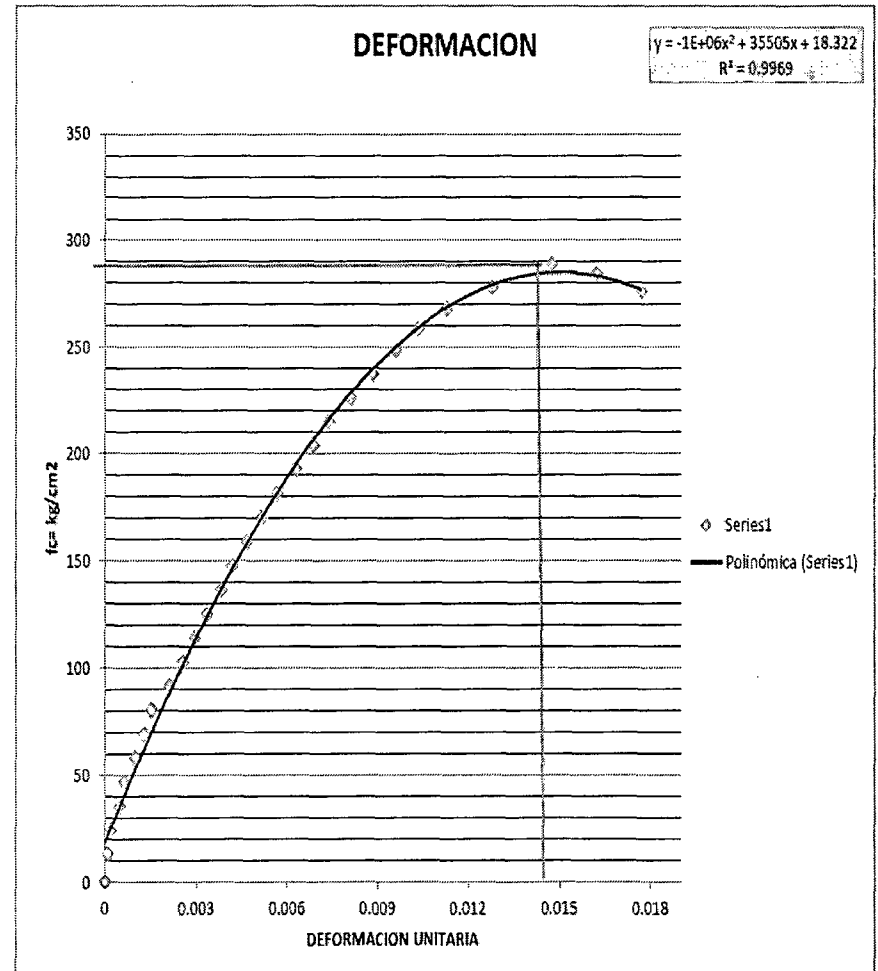
Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 21 días
 02/10/2014
 23/10/2014
 210
 178.01
 301.5

Ecuación de la curva
 Coeficiente de correlación
 Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
 E:
 Módulo de elasticidad (kg/cm²)

Esf. = -1E+06x² + 35505x + 18.322
 R² = 0.9969
 288.8895025
 tan α
 19567.44897

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	f _c (kg/cm ²) 21 DÍAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
2315	0.02	15.1	178.09	12.99904543	9.84252E-05
4315	0.04	15.1	178.09	24.22932225	0.00019685
6315	0.1	15.1	178.09	35.45959908	0.000492126
8315	0.13	15.1	178.09	46.68987591	0.000639764
10315	0.2	15.1	178.09	57.92015273	0.000984252
12315	0.26	15.1	178.09	69.15042956	0.001279528
14315	0.31	15.1	178.09	80.38070638	0.001525591
16315	0.43	15.1	178.09	91.61098321	0.002116142
18315	0.52	15.1	178.09	102.84126	0.002559055
20315	0.6	15.1	178.09	114.0715369	0.002952756
22315	0.68	15.1	178.09	125.3018137	0.003346457
24315	0.78	15.1	178.09	136.5320905	0.003838583
26315	0.85	15.1	178.09	147.7623673	0.004183071
28315	0.95	15.1	178.09	158.9926442	0.004675197
30315	1.05	15.1	178.09	170.222921	0.005167323
32315	1.15	15.1	178.09	181.4531978	0.005659449
34315	1.28	15.1	178.09	192.6834746	0.006299213
36315	1.4	15.1	178.09	203.9137515	0.006889764
38315	1.5	15.1	178.09	215.1440283	0.00738189
40315	1.65	15.1	178.09	226.3743051	0.008120079
42315	1.8	15.1	178.09	237.604582	0.008858268
44315	1.95	15.1	178.09	248.8348588	0.009596457
46315	2.10	15.1	179.09	258.6129879	0.010334646
48315	2.30	15.1	180.09	268.2825254	0.011318898
50315	2.60	15.1	181.09	277.8452703	0.012795276
52315	3.00	15.1	181.09	288.8895025	0.01476378
51550	3.30	15.1	181.09	284.6650837	0.016240157
50000	3.60	15.1	181.09	276.1058037	0.017716535

E=	15000(f _c) ^{0.5}	POR CONCRETO ARMADO
E=	25495.12464	Kg/cm ²



ESPECIMEN: TEMPERATURA 18.5°C, EDAD 28 DIAS

Pacasmayo tipo I ASTM C-

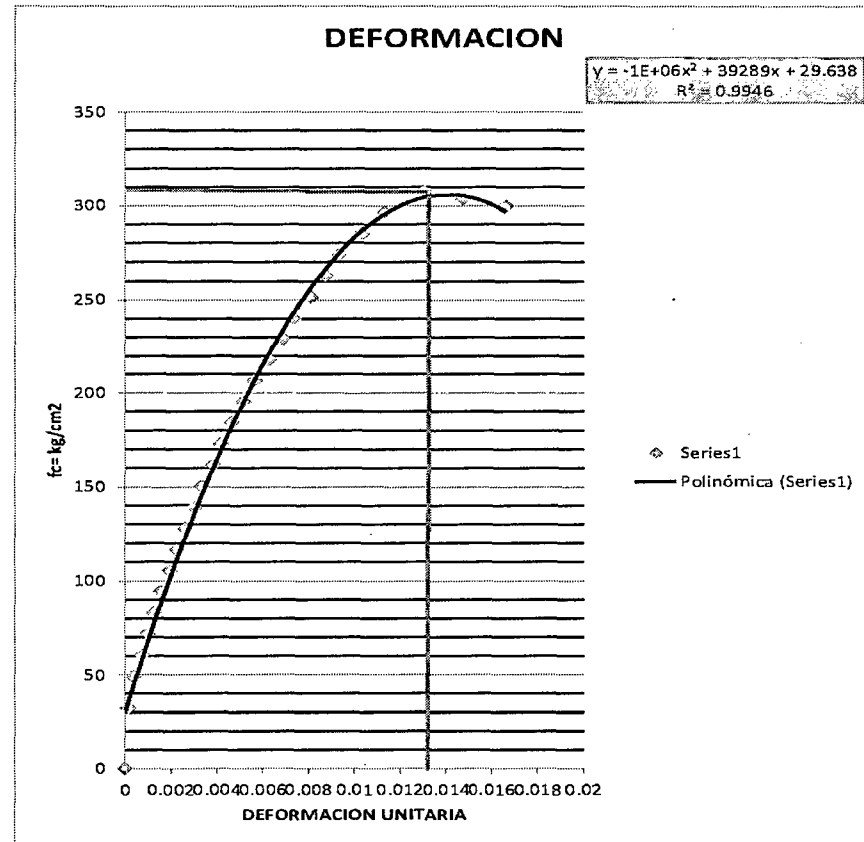
Cemento
 Edad
 Fecha de elaboración
 Fecha de rotura
 Resistencia característica (kg/cm2)
 Area de probeta (cm2)
 Altura (mm)

150
 28 días
 02/10/2014
 30/10/2014
 210
 178.01
 301.5

Ecuación de la curva
 Coeficiente de correlación
 Esfuerzo de rotura (kg/cm2)
 E:
 Módulo de elasticidad (kg/cm2)

Esf.=-1E+06x2 + 39289x + 29.638
 R2 =0.9946
 307.597282
 tan α
 23586.3275

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	f'c (kg/cm2) 28 DÍAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
5780	0.03	15.1	178.09	32.45550003	0.000147638
8780	0.08	15.1	178.09	49.30091527	0.000393701
10780	0.15	15.1	178.09	60.53119209	0.000738189
12780	0.2	15.1	178.09	71.76146892	0.000984252
14780	0.26	15.1	178.09	82.99174575	0.001279528
16780	0.32	15.1	178.09	94.22202257	0.001574803
18780	0.4	15.1	178.09	105.4522994	0.001968504
20780	0.46	15.1	178.09	116.6825762	0.00226378
22780	0.53	15.1	178.09	127.9128531	0.002608268
24780	0.62	15.1	178.09	139.1431299	0.003051181
26780	0.68	15.1	178.09	150.3734067	0.003346457
28780	0.78	15.1	178.09	161.6036835	0.003838583
30780	0.85	15.1	178.09	172.8339604	0.004183071
32780	0.95	15.1	178.09	184.0642372	0.004675197
34780	1.05	15.1	178.09	195.294514	0.005167323
36780	1.15	15.1	178.09	206.5247908	0.005659449
38780	1.28	15.1	178.09	217.7550677	0.006299213
40780	1.4	15.1	178.09	228.9853445	0.006889764
42780	1.5	15.1	178.09	240.2156213	0.00738189
44780	1.65	15.1	178.09	251.4458981	0.008120079
46780	1.78	15.1	178.09	262.676175	0.008759843
48780	1.9	15.1	178.09	273.9064518	0.009350394
50780	2.10	15.1	178.09	285.1367286	0.010334646
52780	2.30	15.1	178.09	296.3670054	0.011318898
54780	2.65	15.1	178.09	307.5972823	0.013041339
54100	3.00	15.1	178.09	303.7789882	0.01476378
53420	3.38	15.1	178.09	299.960694	0.016633858
E=	15000(f'c) ^{0.5}	POR CONCRETO ARMADO			
E=	26307.6773	Kg/cm ²			



ESPECIMEN: TEMPERATURA 40°C, EDAD 7 DIAS

Cemento
 Edad
 Fecha de elaboración
 Fecha de rotura
 Resistencia característica (kg/cm²)
 Area de probeta (cm²)
 Altura (mm)

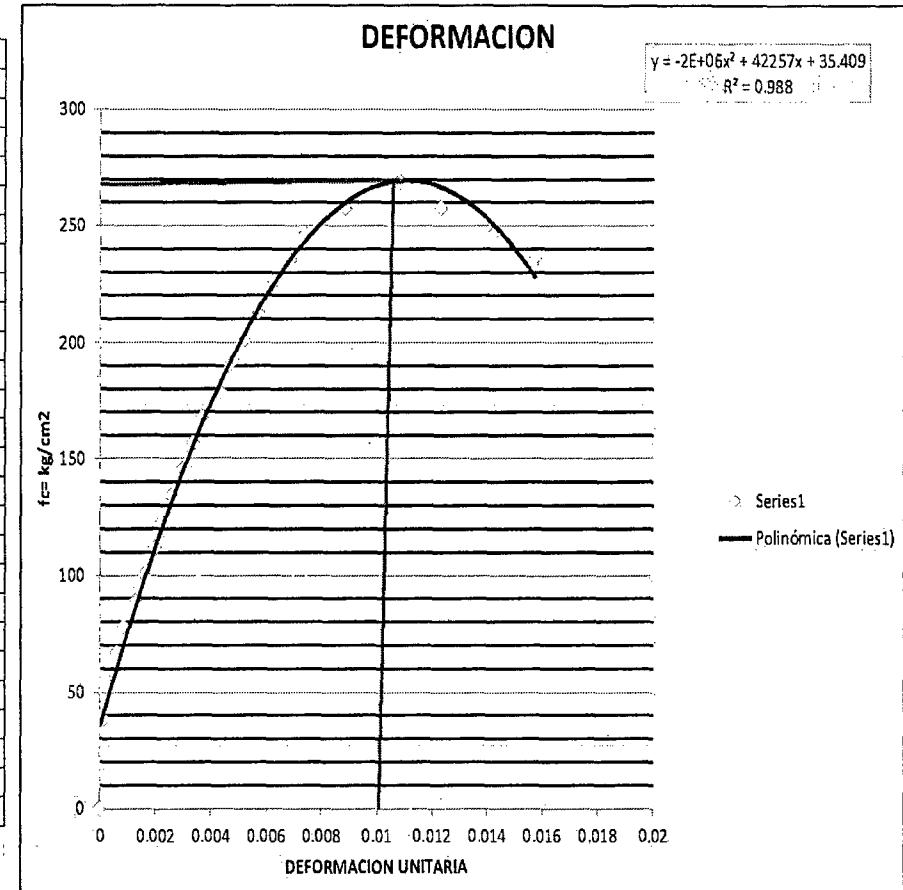
Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 7 días
 02/10/2014
 09/10/2014
 210
 178.01
 301.5

Ecuación de la curva
 Coeficiente de correlación
 Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
 E:
 Módulo de elasticidad (kg/cm²)

Esf.=-2E+06x² + 42257x + 35.409
 R2 =0.988
 269.021281
 tan α
 20953.2528

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²) 7 DÍAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
6910	0.021	15.1	178.09	38.80060643	0.000103346
9910	0.04	15.1	178.09	55.64602167	0.00019685
11910	0.12	15.1	178.09	66.8762985	0.000590551
13910	0.17	15.1	178.09	78.10657533	0.000836614
15910	0.26	15.1	178.09	89.33685215	0.001279528
17910	0.32	15.1	178.09	100.567129	0.001574803
19910	0.4	15.1	178.09	111.7974058	0.001968504
21910	0.45	15.1	178.09	123.0276826	0.002214567
23910	0.52	15.1	178.09	134.2579595	0.002559055
25910	0.6	15.1	178.09	145.4882363	0.002952756
27910	0.68	15.1	178.09	156.7185131	0.003346457
29910	0.75	15.1	178.09	167.9487899	0.003690945
31910	0.88	15.1	178.09	179.1790668	0.004330709
33910	0.95	15.1	178.09	190.4093436	0.004675197
35910	1.06	15.1	178.09	201.6396204	0.005216535
37910	1.16	15.1	178.09	212.8698972	0.005708661
39910	1.25	15.1	178.09	224.1001741	0.006151575
41910	1.4	15.1	178.09	235.3304509	0.006889764
43910	1.5	15.1	178.09	246.5607277	0.00738189
45910	1.8	15.1	178.09	257.7910045	0.008858268
47910	2.2	15.1	178.09	269.0212814	0.010826772
45910	2.5	15.1	178.09	257.7910045	0.01230315
44000	2.9	15.1	178.09	247.0660902	0.014271654
42000	3.2	15.1	178.09	235.8358134	0.015748031

E= 15000(fc)^0.5 POR CONCRETO ARMADO
 E= 24083.80701 Kg/cm²



ESPECIMEN: TEMPERATURA 40°C, EDAD 14 DIAS

Cemento
Edad
Fecha de elaboración
Fecha de rotura
Resistencia característica (kg/cm2)
Area de probeta (cm2)
Altura (mm)

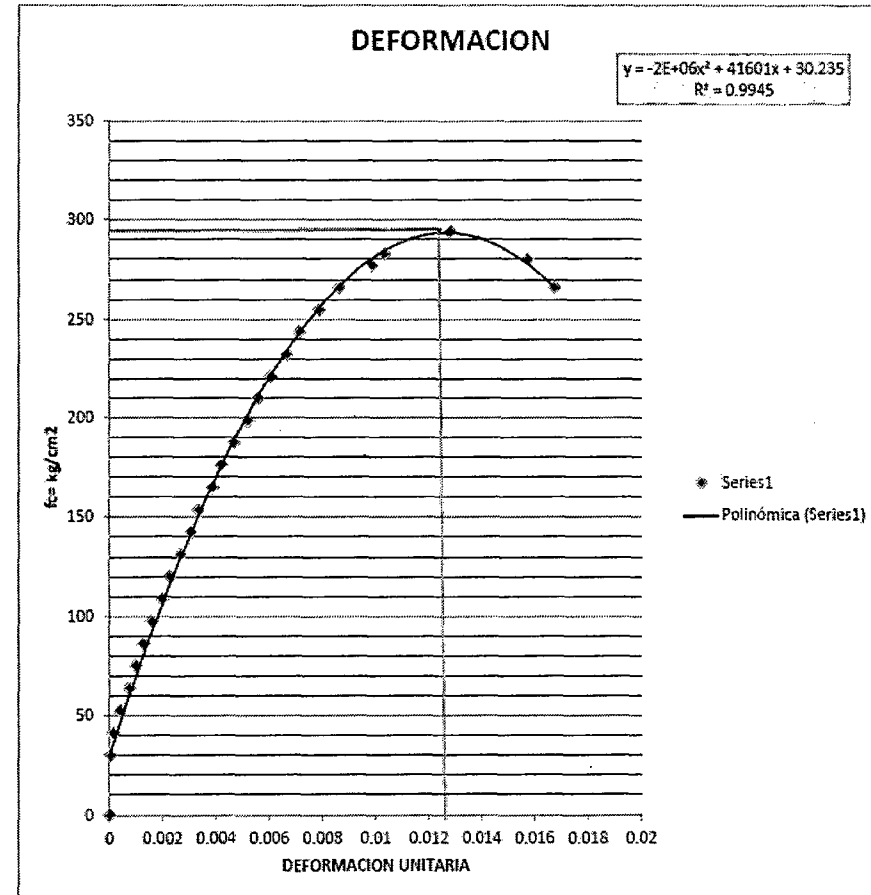
Pacasmayo tipo I ASTM C-150
14 días
02/10/2014
16/10/2014
210
178.01
301.5

Ecuación de la curva
Coeficiente de correlación
Esfuerzo de rotura (kg/cm2)
E:
Módulo de elasticidad (kg/cm2)

Esf. = $-2E+06x^2 + 41601x + 30.235$
R2 = 0.9945
294.008647
tan α
22977.9066

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	f _c (kg/cm2) 14 DÍAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
5360	0.01	15.1	178.09	30.09714189	4.92126E-05
7360	0.03	15.1	178.09	41.32741872	0.000147638
9360	0.08	15.1	178.09	52.55769555	0.000393701
11360	0.15	15.1	178.09	63.78797237	0.000738189
13360	0.2	15.1	178.09	75.0182492	0.000984252
15360	0.26	15.1	178.09	86.24852603	0.001279528
17360	0.32	15.1	178.09	97.47880285	0.001574803
19360	0.4	15.1	178.09	108.7090797	0.001968504
21360	0.46	15.1	178.09	119.9393565	0.00226378
23360	0.54	15.1	178.09	131.1696333	0.00265748
25360	0.62	15.1	178.09	142.3999102	0.003051181
27360	0.68	15.1	178.09	153.630187	0.003346457
29360	0.78	15.1	178.09	164.8604638	0.003838583
31360	0.85	15.1	178.09	176.0907406	0.004183071
33360	0.95	15.1	178.09	187.3210175	0.004675197
35360	1.05	15.1	178.09	198.5512943	0.005167323
37360	1.13	15.1	178.09	209.7815711	0.005561024
39360	1.23	15.1	178.09	221.0118479	0.00605315
41360	1.35	15.1	178.09	232.2421248	0.006643701
43360	1.45	15.1	178.09	243.4724016	0.007135827
45360	1.6	15.1	178.09	254.7026784	0.007874016
47360	1.75	15.1	178.09	265.9329552	0.008612205
49360	2	15.1	178.09	277.1632321	0.00984252
50360	2.10	15.1	178.09	282.7783705	0.010334646
52360	2.60	15.1	178.09	294.0086473	0.012795276
49860	3.20	15.1	178.09	279.9708013	0.015748031
47360	3.40	15.1	178.09	265.9329552	0.016732283

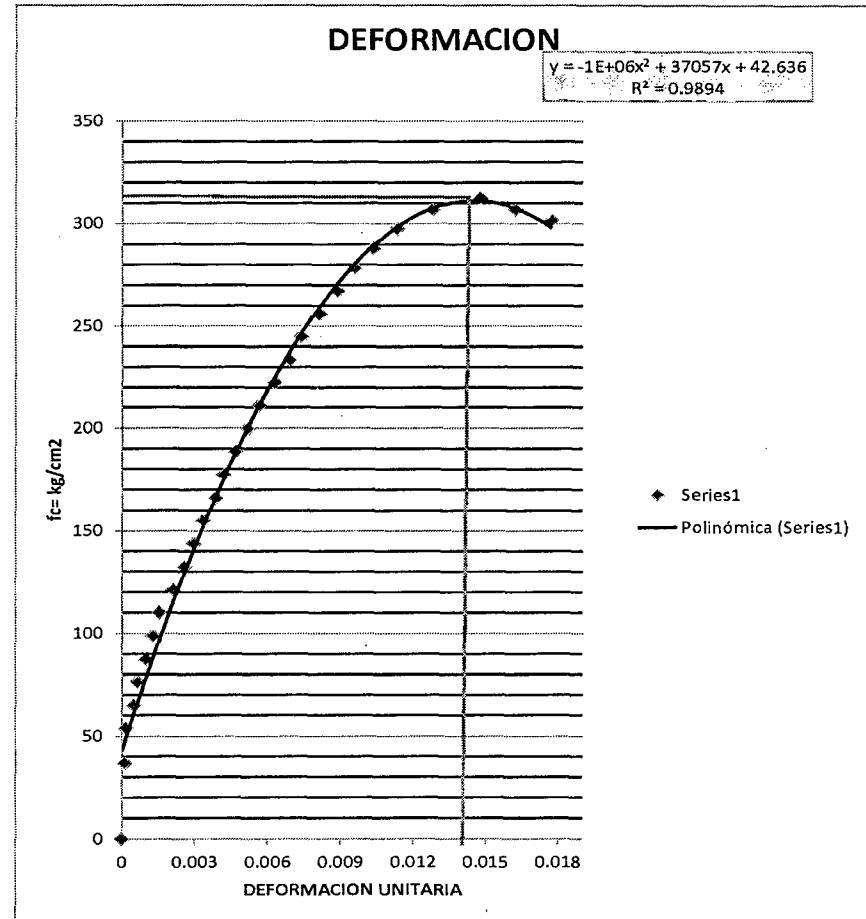
E= 15000(f_c)^{0.5} POR CONCRETO ARMADO
E= 25720 Kg/cm²



ESPECIMEN: TEMPERATURA 40°C, EDAD 21 DIAS

Cemento	Pacasmayo tipo I	ASTM C-150	Ecuación de la curva	Esf.=-1E+06x ² + 37057x + 42.636
Edad	21 días		Coefficiente de correlación	R ² =0.9894
Fecha de elaboración	02/10/2014		Esfuerzo de rotura (kg/cm ²)	312.364018
Fecha de rotura	23/10/2014		E:	tan α
Resistencia característica (kg/cm ²)	210		Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	21157.4561
Area de probeta (cm ²)	178.01			
Altura (mm)	301.5			

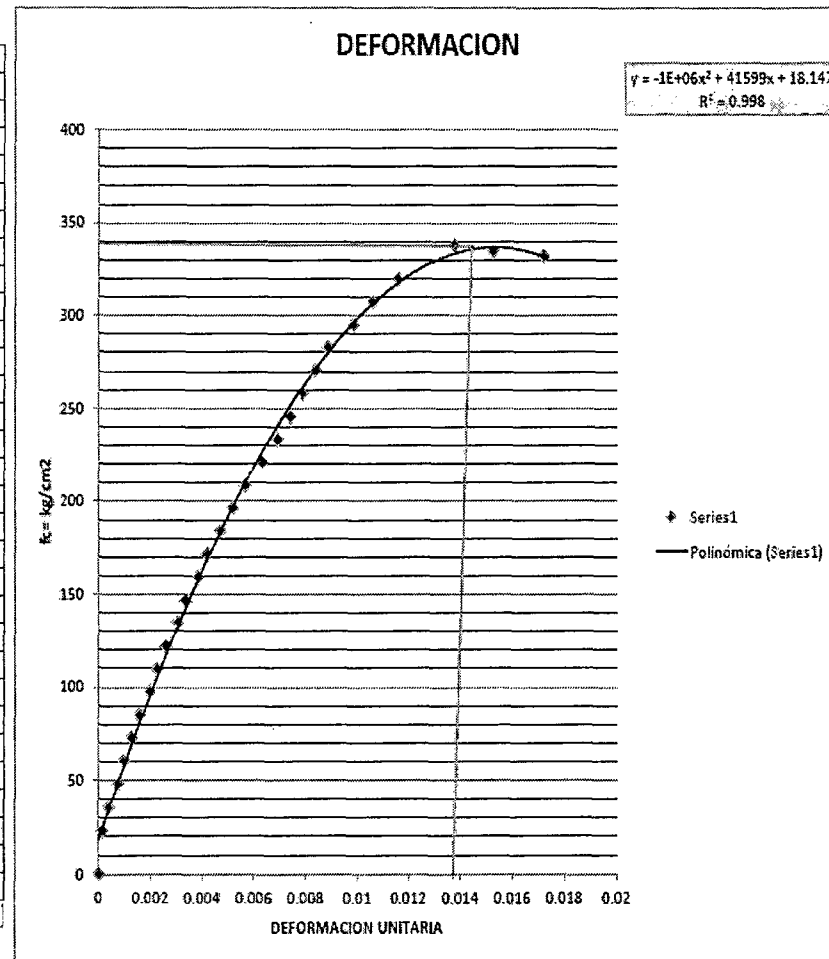
CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	AREA (cm ²)	f _c (kg/cm ²) 21 DÍAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
6566	0.02	15.1	178.09	36.86899882	0.000098425
9566	0.04	15.1	178.09	53.71441406	0.00019685
11566	0.1	15.1	178.09	64.94469089	0.000492126
13566	0.13	15.1	178.09	76.17496771	0.000639764
15566	0.2	15.1	178.09	87.40524454	0.000984252
17566	0.26	15.1	178.09	98.63552137	0.001279528
19566	0.31	15.1	178.09	109.8657982	0.001525591
21566	0.43	15.1	178.09	121.096075	0.002116142
23566	0.52	15.1	178.09	132.3263518	0.002559055
25566	0.6	15.1	178.09	143.5566287	0.002952756
27566	0.68	15.1	178.09	154.7869055	0.003346457
29566	0.78	15.1	178.09	166.0171823	0.003838583
31566	0.85	15.1	178.09	177.2474591	0.004183071
33566	0.95	15.1	178.09	188.477736	0.004675197
35566	1.05	15.1	178.09	199.7080128	0.005167323
37566	1.15	15.1	178.09	210.9382896	0.005659449
39566	1.28	15.1	178.09	222.1685665	0.006299213
41566	1.4	15.1	178.09	233.3988433	0.006889764
43566	1.5	15.1	178.09	244.6291201	0.00738189
45566	1.65	15.1	178.09	255.8593969	0.008120079
47566	1.8	15.1	178.09	267.0896738	0.008858268
49566	1.95	15.1	178.09	278.3199506	0.009596457
51566	2.10	15.1	179.09	287.9334413	0.010334646
53566	2.30	15.1	180.09	297.4401688	0.011318898
55566	2.60	15.1	181.09	306.8419018	0.012795276
56566	3.00	15.1	181.09	312.3640179	0.01476378
55566	3.30	15.1	181.09	306.8419018	0.016240157
54566	3.60	15.1	181.09	301.3197857	0.017716535
E=	15000(fc) ^{0.5}	POR CONCRETO ARMADO			
E=	26510.73	Kg/cm ²			



Cemento	ESPECIMEN: TEMPERATURA 40°C, EDAD 28 DIAS	
Edad	Pacasmayo tipo I ASTM C-150	Ecuación de la curva
Fecha de elaboración	28 días	Coefficiente de correlación
Fecha de rotura	02/10/2014	Esfuerzo de rotura (kg/cm ²)
Resistencia característica (kg/cm ²)	30/10/2014	E:
Area de probeta (cm ²)	210	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)
Altura (mm)	178.01	
	301.5	

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²) 28 DIAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
4150	0.03	15.1	178.09	23.30282441	0.00014764
6350	0.08	15.1	178.09	35.65612892	0.0003937
8550	0.15	15.1	178.09	48.00943343	0.00073819
10750	0.2	15.1	178.09	60.36273794	0.00098425
12950	0.26	15.1	178.09	72.71604245	0.00127953
15150	0.32	15.1	178.09	85.06934696	0.0015748
17350	0.4	15.1	178.09	97.42265147	0.0019685
19550	0.46	15.1	178.09	109.775956	0.00226378
21750	0.53	15.1	178.09	122.1292605	0.00260827
23950	0.62	15.1	178.09	134.482565	0.00305118
26150	0.68	15.1	178.09	146.8358695	0.00334646
28350	0.78	15.1	178.09	159.189174	0.00383858
30550	0.85	15.1	178.09	171.5424785	0.00418307
32750	0.95	15.1	178.09	183.895783	0.0046752
34950	1.05	15.1	178.09	196.2490875	0.00516732
37150	1.15	15.1	178.09	208.602392	0.00565945
39350	1.28	15.1	178.09	220.9556966	0.00629921
41550	1.4	15.1	178.09	233.3090011	0.00688976
43750	1.5	15.1	178.09	245.6623056	0.00738189
45950	1.6	15.1	178.09	258.0156101	0.00787402
48150	1.7	15.1	178.09	270.3689146	0.00836614
50350	1.8	15.1	178.09	282.7222191	0.00885827
52550	2.00	15.1	178.09	295.0755236	0.00984252
54750	2.15	15.1	178.09	307.4288281	0.01058071
56950	2.35	15.1	178.09	319.7821326	0.01156496
60150	2.80	15.1	178.09	337.7505756	0.01377953
59650	3.10	15.1	178.09	334.9430063	0.01525591
59150	3.50	15.1	178.09	332.1354371	0.01722441

E=	15000(fc)^0.5	POR CONCRETO ARMADO
E=	27566.99	Kg/cm ²



Cemento
 Edad
 Fecha de elaboración
 Fecha de rotura
 Resistencia característica (kg/cm²)
 Area de probeta (cm²)
 Altura (mm)

ESPECIMEN: TEMPERATURA 60°C, EDAD 7 DIAS

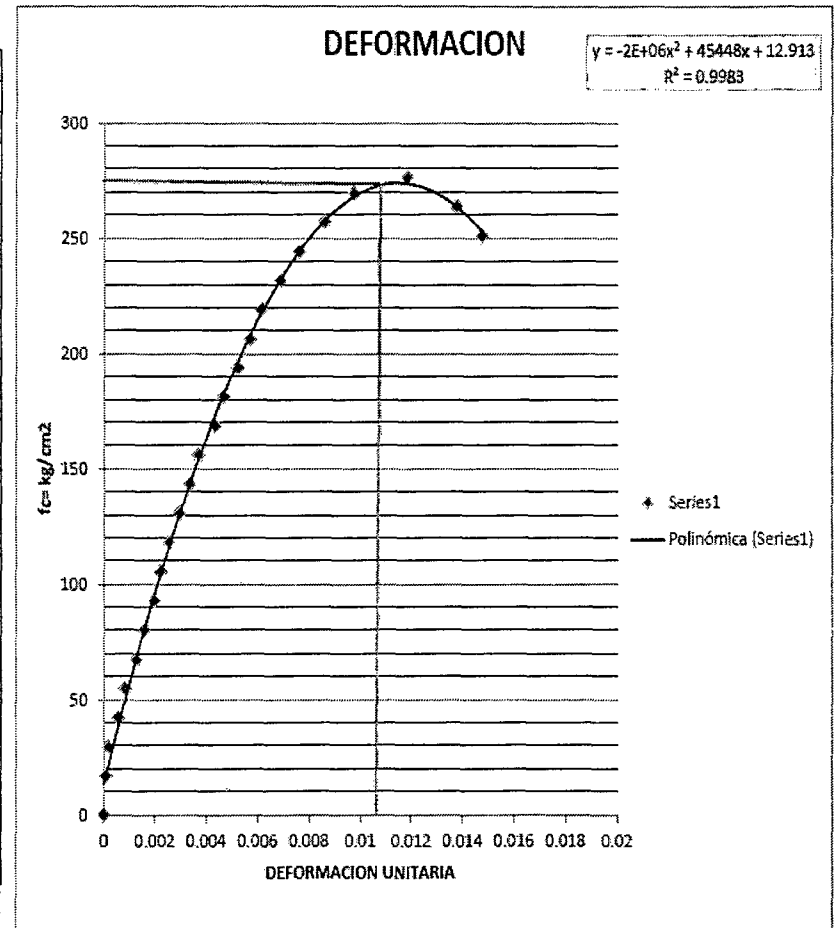
Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 7 días
 02/10/2014
 09/10/2014
 210
 178.01
 301.5

Ecuación de la curva
 Coeficiente de correlación
 Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
 E:
 Módulo de elasticidad (kg/cm²)

Esf. = $-2E+06x^2 + 45448x + 12.913$
 R² = 0.9983
 276.26481
 tan α
 23293.3649

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	f _c (kg/cm ²) 7 DÍAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
3000	0.021	15.1	178.09	16.84541524	0.000103
5250	0.04	15.1	178.09	29.47947667	0.000197
7500	0.12	15.1	178.09	42.1135381	0.000591
9750	0.17	15.1	178.09	54.74759953	0.000837
12000	0.26	15.1	178.09	67.38166096	0.00128
14250	0.32	15.1	178.09	80.01572239	0.001575
16500	0.4	15.1	178.09	92.64978382	0.001969
18750	0.45	15.1	178.09	105.2838452	0.002215
21000	0.52	15.1	178.09	117.9179067	0.002559
23250	0.6	15.1	178.09	130.5519681	0.002953
25500	0.68	15.1	178.09	143.1860295	0.003346
27750	0.75	15.1	178.09	155.820091	0.003691
30000	0.88	15.1	178.09	168.4541524	0.004331
32250	0.95	15.1	178.09	181.0882138	0.004675
34500	1.06	15.1	178.09	193.7222753	0.005217
36750	1.16	15.1	178.09	206.3563367	0.005709
39000	1.25	15.1	178.09	218.9903981	0.006152
41250	1.4	15.1	178.09	231.6244595	0.00689
43500	1.55	15.1	178.09	244.258521	0.007628
45750	1.75	15.1	178.09	256.8925824	0.008612
48000	1.985	15.1	178.09	269.5266438	0.009769
49200	2.41	15.1	178.09	276.2648099	0.01186
46950	2.8	15.1	178.09	263.6307485	0.01378
44700	3	15.1	178.09	250.9966871	0.014764

E = $15000(f_c)^{0.5}$ POR CONCRETO ARMADO
 E = 24931.8235 Kg/cm²



ESPECIMEN: TEMPERATURA 60°C, EDAD 14 DÍAS

Cemento
Edad
Fecha de elaboración
Fecha de rotura
Resistencia característica (kg/cm²)
Area de probeta (cm²)
Altura (mm)

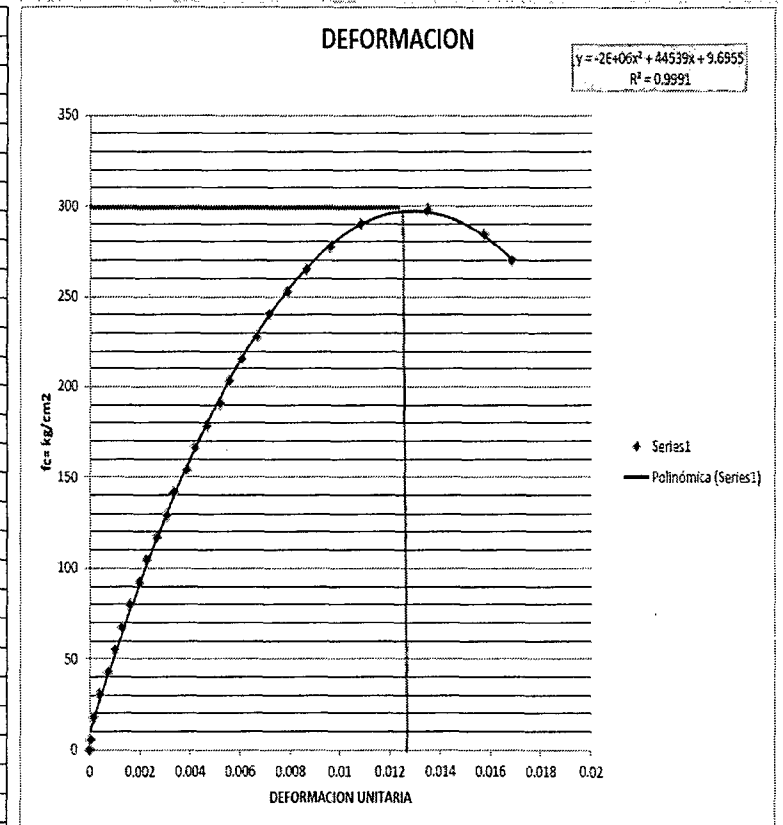
Pacasmayo tipo I ASTM C-150
14 días
02/10/2014
16/10/2014
210
178.01
301.5

Ecuación de la curva
Coeficiente de correlación
Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
E:
Módulo de elasticidad (kg/cm²)

Esf. = -2E+06x² + 44539x + 9.6955
R² = 0.9991
298.051547
tan α
22103.6768

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²) 14 DÍAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
1000	0.01	15.1	178.09	5.615138413	0.00004921
3200	0.03	15.1	178.09	17.96844292	0.000147638
5400	0.08	15.1	178.09	30.32174743	0.000393701
7600	0.15	15.1	178.09	42.67505194	0.000738189
9800	0.2	15.1	178.09	55.02835645	0.000984252
12000	0.26	15.1	178.09	67.38166096	0.001279528
14200	0.32	15.1	178.09	79.73496547	0.001574803
16400	0.4	15.1	178.09	92.08826998	0.001968504
18600	0.46	15.1	178.09	104.4415745	0.00226378
20800	0.54	15.1	178.09	116.794879	0.00265748
23000	0.62	15.1	178.09	129.1481835	0.003051181
25200	0.68	15.1	178.09	141.501488	0.003346457
27400	0.78	15.1	178.09	153.8547925	0.003838583
29600	0.85	15.1	178.09	166.208097	0.004183071
31800	0.95	15.1	178.09	178.5614015	0.004675197
34000	1.05	15.1	178.09	190.914706	0.005167323
36200	1.13	15.1	178.09	203.2680106	0.005561024
38400	1.23	15.1	178.09	215.6213151	0.00605315
40600	1.35	15.1	178.09	227.9746196	0.006643701
42800	1.45	15.1	178.09	240.3279241	0.007135827
45000	1.6	15.1	178.09	252.6812286	0.007874016
47200	1.75	15.1	178.09	265.0345331	0.008612205
49400	1.95	15.1	178.09	277.3878376	0.009596457
51600	2.20	15.1	178.09	289.7411421	0.010826772
53080	2.74	15.1	178.09	298.051547	0.013484252
50580	3.20	15.1	178.09	284.0137009	0.015748031
48080	3.42	15.1	178.09	269.9758549	0.016830709

E=	15000(fc) ^{0.5}	POR CONCRETO ARMADO
E=	25896.25418	Kg/cm ²



Cemento
 Edad
 Fecha de elaboración
 Fecha de rotura
 Resistencia característica (kg/cm²)
 Area de probeta (cm²)
 Altura (mm)

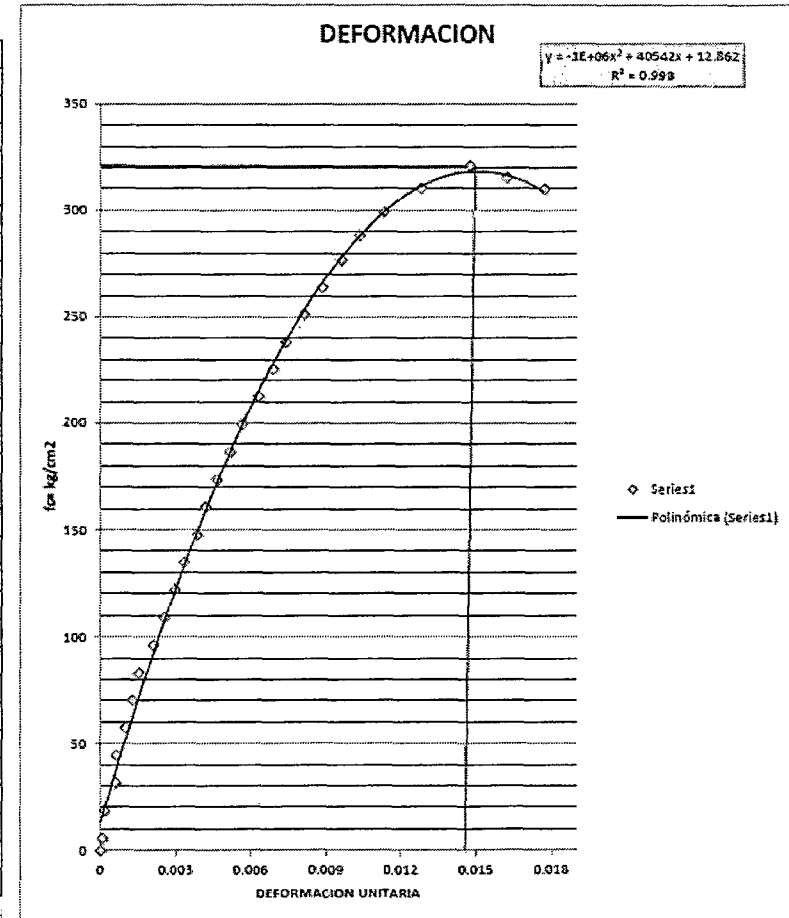
ESPECIMEN: TEMPERATURA 60°C, EDAD 21 DIAS
 Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 21 días
 02/10/2014
 23/10/2014
 210
 178.01
 301.5

Ecuación de la curva
 Coeficiente de correlación
 Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
 E:
 Módulo de elasticidad (kg/cm²)

Esf. = -1E+06x² + 40542x + 12.862
 R² = 0.998
 320.917776
 tan α
 21736.8307

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIAMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²) 21 DÍAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
1000	0.015	15.1	178.09	5.61513841	0.00007382
3300	0.035	15.1	178.09	18.5299568	0.00017224
5600	0.12	15.1	178.09	31.4447751	0.00059055
7900	0.13	15.1	178.09	44.3595935	0.00063976
10200	0.2	15.1	178.09	57.2744118	0.00098425
12500	0.26	15.1	178.09	70.1892302	0.00127953
14800	0.31	15.1	178.09	83.1040485	0.00152559
17100	0.43	15.1	178.09	96.0188669	0.00211614
19400	0.52	15.1	178.09	108.933685	0.00255906
21700	0.6	15.1	178.09	121.848504	0.00295276
24000	0.68	15.1	178.09	134.763322	0.00334646
26300	0.78	15.1	178.09	147.67814	0.00383858
28600	0.85	15.1	178.09	160.592959	0.00418307
30900	0.95	15.1	178.09	173.507777	0.0046752
33200	1.05	15.1	178.09	186.422595	0.00516732
35500	1.15	15.1	178.09	199.337414	0.00565945
37800	1.28	15.1	178.09	212.252232	0.00629921
40100	1.4	15.1	178.09	225.16705	0.00688976
42400	1.5	15.1	178.09	238.081869	0.00738189
44700	1.65	15.1	178.09	250.996687	0.00812008
47000	1.8	15.1	178.09	263.911505	0.00885827
49300	1.95	15.1	178.09	276.826324	0.00959646
51600	2.10	15.1	179.09	288.12329	0.01033465
53900	2.30	15.1	180.09	299.294797	0.0113189
56200	2.60	15.1	181.09	310.342923	0.01279528
58115	3.00	15.1	181.09	320.917776	0.01476378
57115	3.30	15.1	181.09	315.39566	0.01624016
56115	3.60	15.1	181.09	309.873544	0.01771654

E=	15000(fc) ^{0.5}	POR CONCRETO ARMADO
E=	26871.267	Kg/cm ²



ESPECIMEN: TEMPERATURA 60°C, EDAD 28 DÍAS

Cemento
 Edad
 Fecha de elaboración
 Fecha de rotura
 Resistencia característica (kg/cm²)
 Area de probeta (cm²)
 Altura (mm)

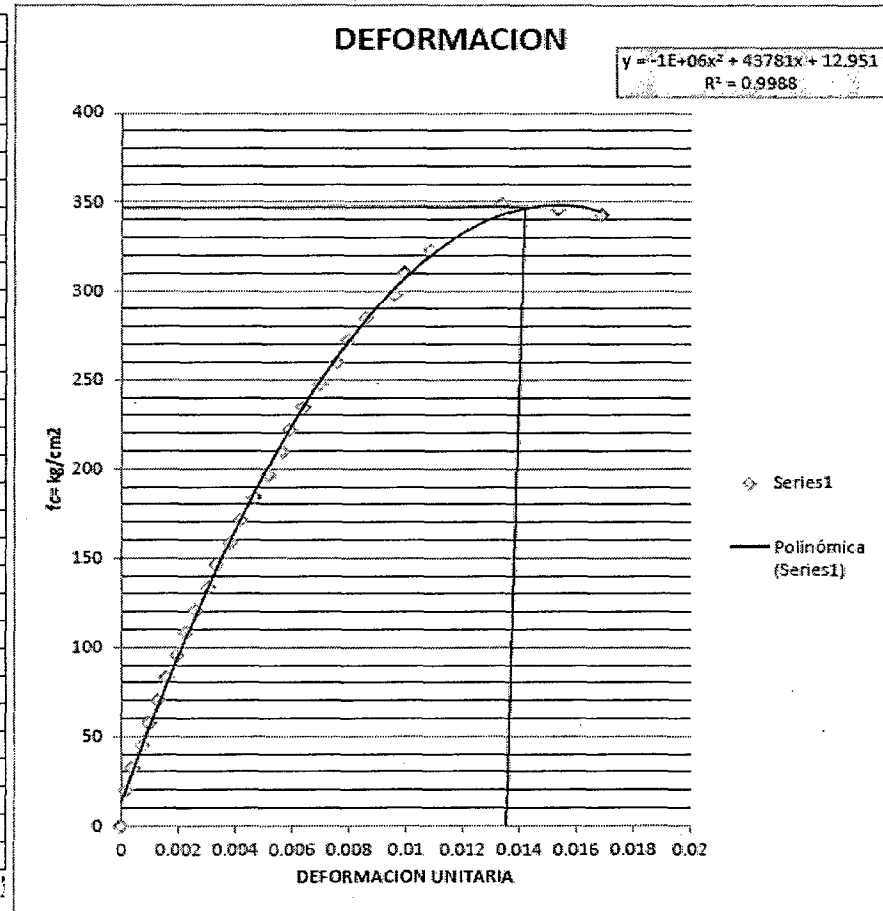
Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 28 días
 02/10/2014
 30/10/2014
 210
 178.01
 301.5

Ecuación de la curva
 Coeficiente de correlación
 Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
 E:
 Módulo de elasticidad (kg/cm²)

Esf.=-1E+06x² + 43781x + 12.951
 R² =0.9988
 348.86855
 tan α
 26062.5328

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	f _c (kg/cm ²) 28 DÍAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
3500	0.03	15.1	178.09	19.652984	0.000147638
5750	0.08	15.1	178.09	32.287046	0.000393701
8000	0.15	15.1	178.09	44.921107	0.000738189
10250	0.2	15.1	178.09	57.555169	0.000984252
12500	0.26	15.1	178.09	70.18923	0.001279528
14750	0.32	15.1	178.09	82.823292	0.001574803
17000	0.4	15.1	178.09	95.457353	0.001968504
19250	0.46	15.1	178.09	108.09141	0.00226378
21500	0.53	15.1	178.09	120.72548	0.002608268
23750	0.62	15.1	178.09	133.35954	0.003051181
26000	0.68	15.1	178.09	145.9936	0.003346457
28250	0.78	15.1	178.09	158.62766	0.003838583
30500	0.85	15.1	178.09	171.26172	0.004183071
32750	0.95	15.1	178.09	183.89578	0.004675197
35000	1.05	15.1	178.09	196.52984	0.005167323
37250	1.15	15.1	178.09	209.16391	0.005659449
39500	1.2	15.1	178.09	221.79797	0.005905512
41750	1.3	15.1	178.09	234.43203	0.006397638
44000	1.42	15.1	178.09	247.06609	0.006988189
46250	1.54	15.1	178.09	259.70015	0.00757874
48500	1.62	15.1	178.09	272.33421	0.007972441
50750	1.75	15.1	178.09	284.96827	0.008612205
53000	1.95	15.1	178.09	297.60234	0.009596457
55250	2.02	15.1	178.09	310.2364	0.009940945
57500	2.21	15.1	178.09	322.87046	0.010875984
62130	2.72	15.1	178.09	348.86855	0.013385827
61600	3.12	15.1	178.09	345.89253	0.015354331
61100	3.43	15.1	178.09	343.08496	0.016879921

E=	15000(f _c) ^{0.5}	POR CONCRETO ARMADO
E=	28017.03	



ESPECIMEN: TEMPERATURA 80°C, EDAD 7 DIAS

Cemento
 Edad
 Fecha de elaboración
 Fecha de rotura
 Resistencia característica (kg/cm²)
 Area de probeta (cm²)
 Altura (mm)

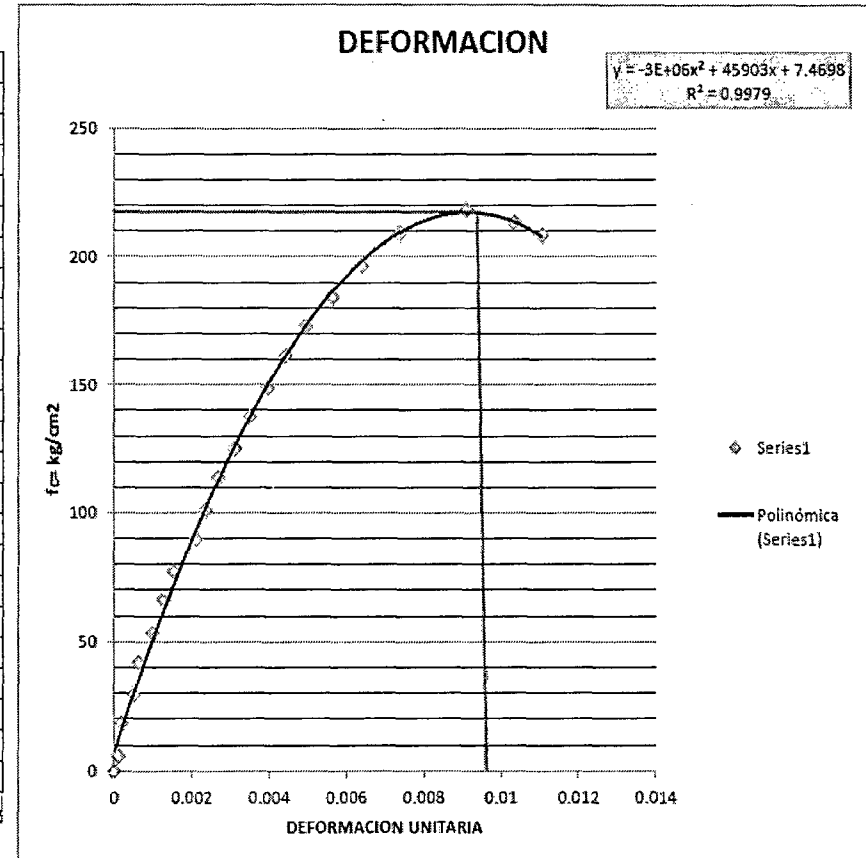
Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 7 días
 02/10/2014
 09/10/2014
 210
 178.01
 301.5

Ecuación de la curva
 Coeficiente de correlación
 Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
 E:
 Módulo de elasticidad (kg/cm²)

Esf. = -3E+06x² + 45903x + 7.4698
 R² = 0.9979
 218.26043
 tan α
 23973.2537

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²) 7 DÍAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
1000	0.023	15.1	178.09	5.615138413	0.000113189
3250	0.037	15.1	178.09	18.24919984	0.000182087
5250	0.103	15.1	178.09	29.47947667	0.00050689
7500	0.127	15.1	178.09	42.1135381	0.000625
9500	0.203	15.1	178.09	53.34381493	0.000999016
11750	0.256	15.1	178.09	65.97787635	0.001259843
13750	0.313	15.1	178.09	77.20815318	0.001540354
16000	0.427	15.1	178.09	89.84221461	0.002101378
18000	0.48	15.1	178.09	101.0724914	0.002362205
20250	0.544	15.1	178.09	113.7065529	0.002677165
22250	0.632	15.1	178.09	124.9368297	0.003110236
24500	0.708	15.1	178.09	137.5708911	0.003484252
26500	0.803	15.1	178.09	148.8011679	0.003951772
28750	0.897	15.1	178.09	161.4352294	0.00441437
30750	1.003	15.1	178.09	172.6655062	0.004936024
32750	1.148	15.1	178.09	183.895783	0.005649606
35000	1.3	15.1	178.09	196.5298445	0.006397638
37250	1.5	15.1	178.09	209.1639059	0.00738189
38870	1.85	15.1	178.09	218.2604301	0.009104331
38000	2.1	15.1	178.09	213.3752597	0.010334646
37130	2.25	15.1	178.09	208.4900893	0.011072835

E=	15000(fc)^0.5	POR CONCRETO ARMADO
E=	22160.45956	Kg/cm ²



ESPECIMEN: TEMPERATURA 80°C, EDAD 14 DIAS

Cemento
 Edad
 Fecha de elaboración
 Fecha de rotura
 Resistencia característica (kg/cm²)
 Area de probeta (cm²)
 Altura (mm)

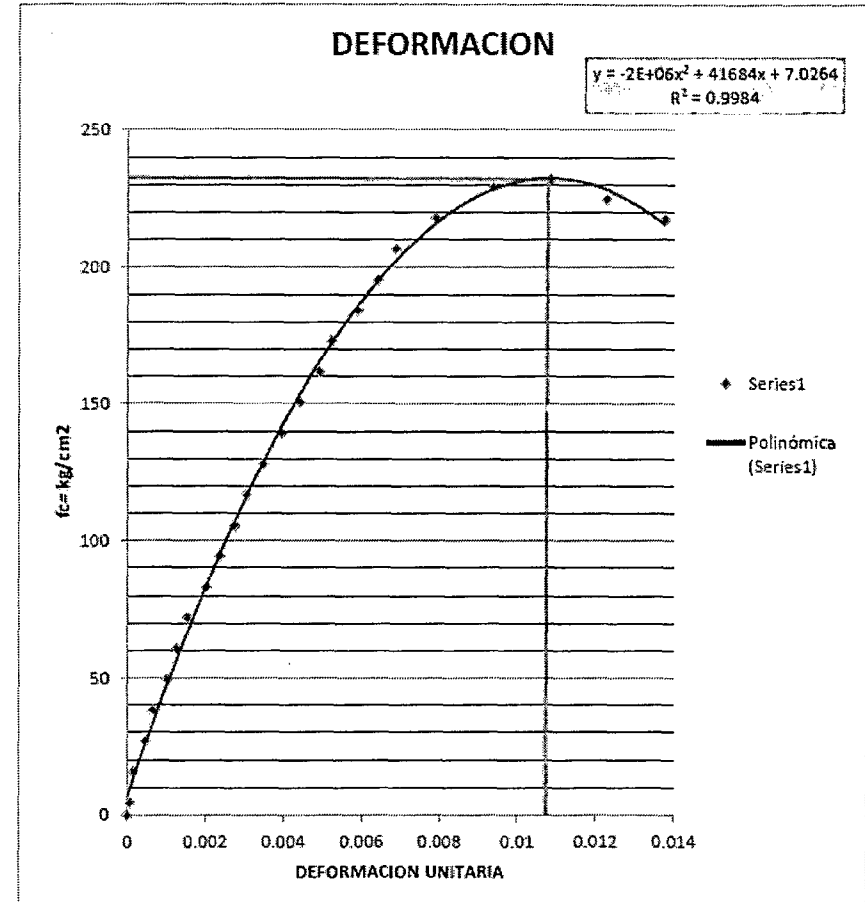
Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 14 días
 02/10/2014
 16/10/2014
 210
 178.01
 301.5

Ecuación de la curva
 Coeficiente de correlación
 Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
 E:
 Módulo de elasticidad (kg/cm²)

Esf.= $-2E+06x^2 + 41684x + 7.0264$
 R² =0.9984
 231.792914
 tan α
 21389.7911

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²) 14 DIAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
800	0.01	15.1	178.09	4.492110731	0.000063976
2800	0.03	15.1	178.09	15.72238756	0.00015748
4800	0.09	15.1	178.09	26.95266438	0.000457677
6800	0.13	15.1	178.09	38.18294121	0.000659449
8800	0.21	15.1	178.09	49.41321804	0.00101378
10800	0.26	15.1	178.09	60.64349486	0.001269685
12800	0.31	15.1	178.09	71.87377169	0.001535433
14800	0.41	15.1	178.09	83.10404851	0.002022638
16800	0.48	15.1	178.09	94.33432534	0.002362205
18800	0.56	15.1	178.09	105.5646022	0.002755906
20800	0.62	15.1	178.09	116.794879	0.003051181
22800	0.71	15.1	178.09	128.0251558	0.003474409
24800	0.80	15.1	178.09	139.2554326	0.003941929
26800	0.90	15.1	178.09	150.4857095	0.004419291
28800	1.00	15.1	178.09	161.7159863	0.004931102
30800	1.06	15.1	178.09	172.9462631	0.005216535
32800	1.20	15.1	178.09	184.17654	0.005900591
34800	1.30	15.1	178.09	195.4068168	0.00640748
36800	1.40	15.1	178.09	206.6370936	0.006879921
38800	1.60	15.1	178.09	217.8673704	0.007883858
40800	1.90	15.1	178.09	229.0976473	0.009365157
41280	2.20	15.1	178.09	231.7929137	0.010836614
40000	2.50	15.1	178.09	224.6055365	0.012283465
38720	2.80	15.1	178.09	217.4181594	0.01378937

E= 15000(fc)^{0.5} POR CONCRETO ARMADO
 E= 22837.1201 Kg/cm²



ESPECIMEN: TEMPERATURA 80°C, EDAD 21 DIAS

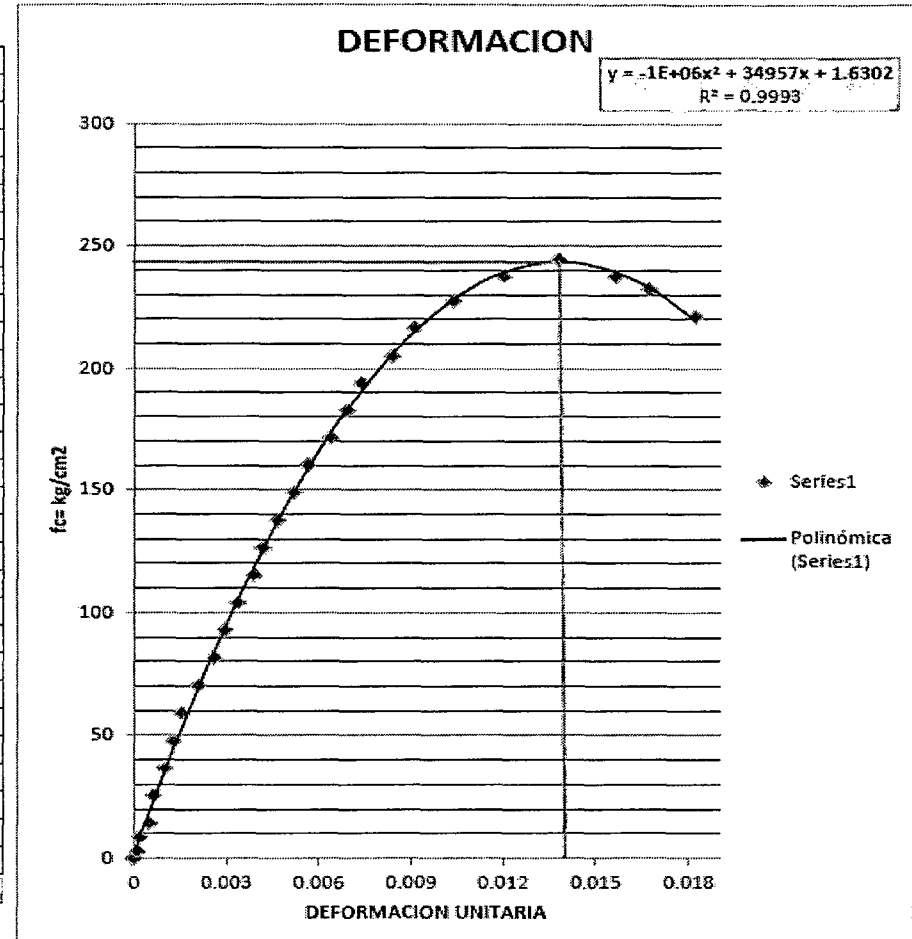
Cemento
 Edad
 Fecha de elaboración
 Fecha de rotura
 Resistencia característica (kg/cm²)
 Area de probeta (cm²)
 Altura (mm)

Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 21 días
 02/10/2014
 23/10/2014
 210
 178.01
 301.5

Ecuaación de la curva
 Coeficiente de correlación
 Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
 E:
 Módulo de elasticidad (kg/cm²)

Esf.
 R2
 244.238992
 tan α
 17712.121

CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIAMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	f _c (kg/cm ²) 21 DÍAS	ε
0	0	15.1	178.09	0	0
500	0.024	15.1	178.09	2.807569207	0.00011811
1500	0.038	15.1	178.09	8.42270762	0.000187008
2500	0.102	15.1	178.09	14.03784603	0.000501969
4500	0.127	15.1	178.09	25.26812286	0.000625
6500	0.203	15.1	178.09	36.49839969	0.00099016
8500	0.259	15.1	178.09	47.72867651	0.001274606
10500	0.314	15.1	178.09	58.95895334	0.001545276
12500	0.426	15.1	178.09	70.18923016	0.002096457
14500	0.526	15.1	178.09	81.41950699	0.002588583
16500	0.597	15.1	178.09	92.64978382	0.002937992
18500	0.683	15.1	178.09	103.8800606	0.00336122
20500	0.789	15.1	178.09	115.1103375	0.003882874
22500	0.849	15.1	178.09	126.3406143	0.00417815
24500	0.948	15.1	178.09	137.5708911	0.004665354
26500	1.053	15.1	178.09	148.8011679	0.005182087
28500	1.146	15.1	178.09	160.0314448	0.005639764
30500	1.294	15.1	178.09	171.2617216	0.00636811
32500	1.402	15.1	178.09	182.4919984	0.006899606
34500	1.499	15.1	178.09	193.7222753	0.007376969
36500	1.702	15.1	178.09	204.9525521	0.008375984
38500	1.847	15.1	178.09	216.1828289	0.009089567
40500	2.103	15.1	178.09	227.4131057	0.010349409
42500	2.436	15.1	179.09	237.3108493	0.011988189
43985	2.802	15.1	180.09	244.2389916	0.01378937
43000	3.180	15.1	181.09	237.4509912	0.015649606
42015	3.398	15.1	181.09	232.0117069	0.016722441
40000	3.702	15.1	181.09	220.884643	0.018218504
E=	15000(f _c) ^{0.5}	POR CONCRETO ARMADO			
E=	23442.2211	Kg/cm ²			



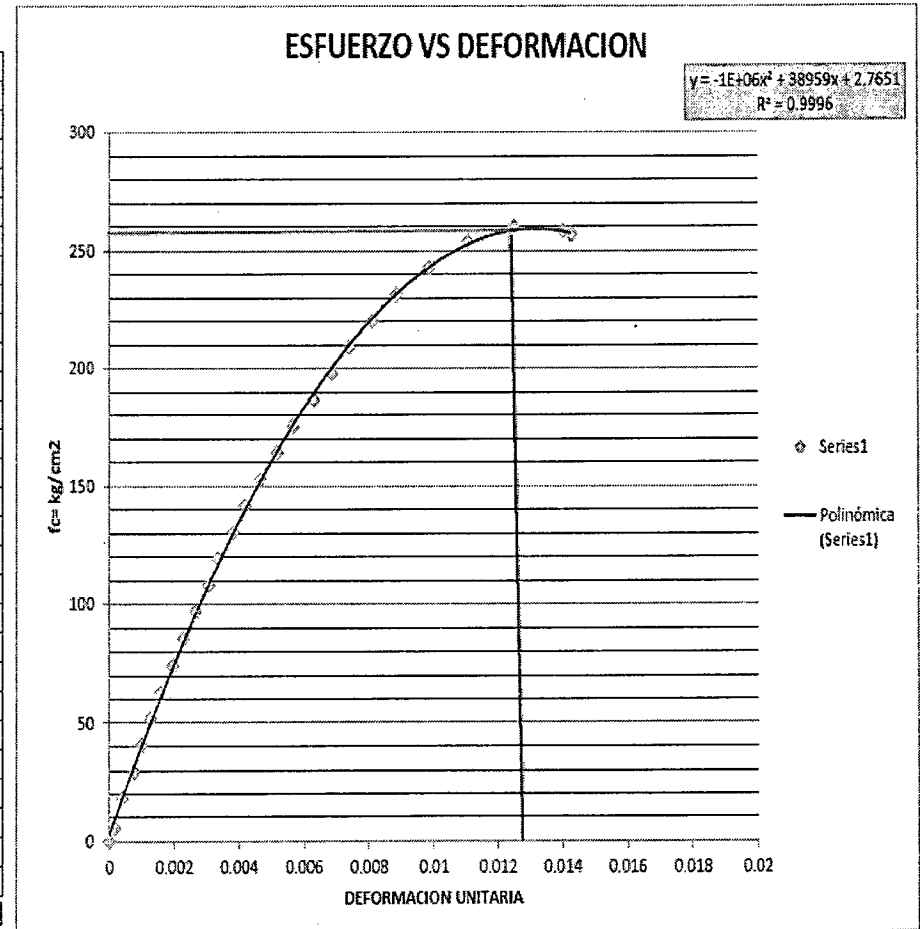
Cemento
 Edad
 Fecha de elaboración
 Fecha de rotura
 Resistencia característica (kg/cm²)
 Area de probeta (cm²)
 Altura (mm)

ESPECIMEN: TEMPERATURA 80°C, EDAD 28 DIAS
 Pacasmayo tipo I ASTM C-150
 28 días
 02/10/2014
 30/10/2014
 210
 178.01
 301.5

Ecuación de la curva
 Coeficiente de correlación
 Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
 E:
 Módulo de elasticidad (kg/cm²)

Esf. = -1E+06x² + 38959x + 2.7651
 R² = 0.9996
 259.924757
 tan α
 20793.9806

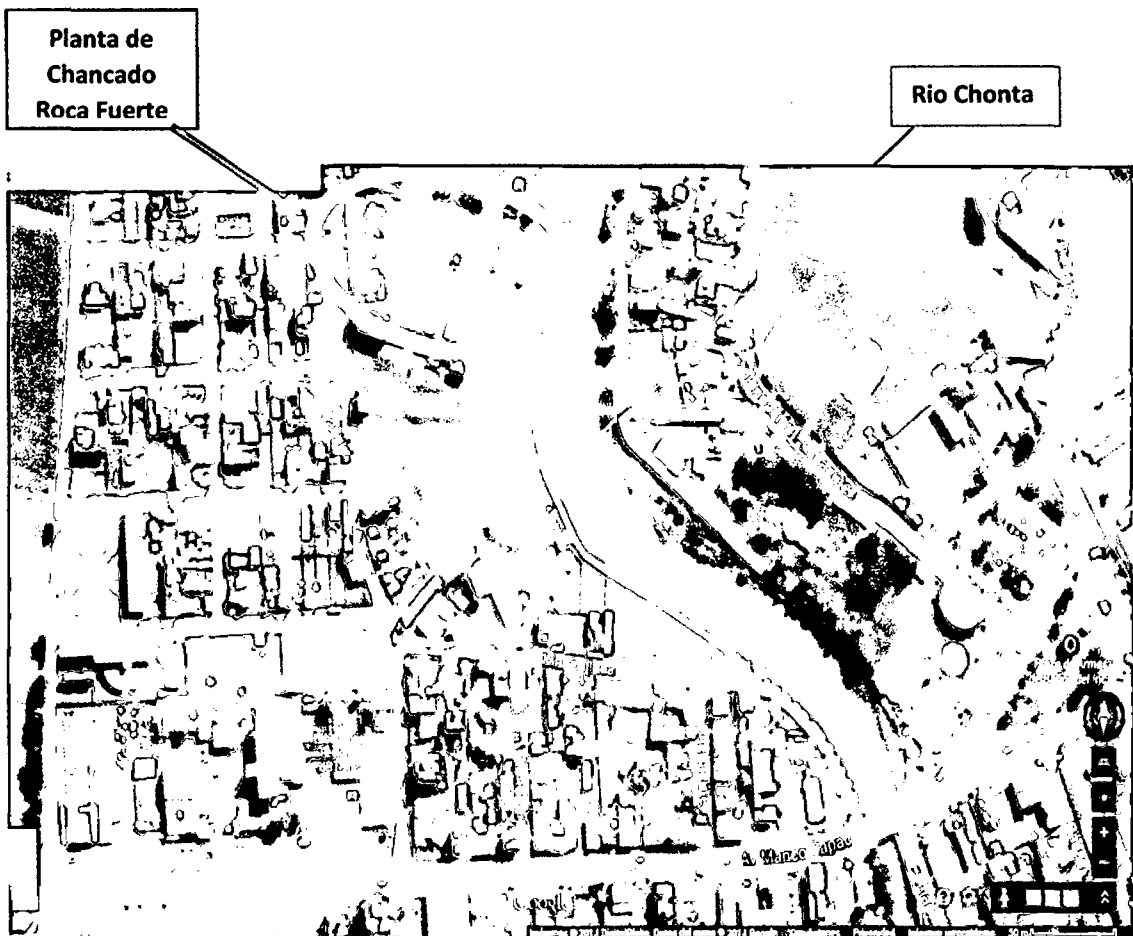
CARGA (kg.)	DEFORMACIÓN (mm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²) 28 DÍAS	E
0	0	15.1	178.09	0	0
1000	0.031	15.1	178.09	5.615138413	0.00015
3230	0.079	15.1	178.09	18.13689707	0.00039
5230	0.152	15.1	178.09	29.3671739	0.00075
7230	0.202	15.1	178.09	40.59745073	0.00099
9230	0.259	15.1	178.09	51.82772755	0.00127
11230	0.322	15.1	178.09	63.05800438	0.00158
13230	0.398	15.1	178.09	74.28828121	0.00196
15230	0.462	15.1	178.09	85.51855803	0.00227
17230	0.538	15.1	178.09	96.74883486	0.00265
19230	0.621	15.1	178.09	107.9791117	0.00306
21230	0.682	15.1	178.09	119.2093885	0.00336
23230	0.776	15.1	178.09	130.4396653	0.00382
25230	0.851	15.1	178.09	141.6699422	0.00419
27230	0.947	15.1	178.09	152.900219	0.00466
29230	1.052	15.1	178.09	164.1304958	0.00518
31230	1.149	15.1	178.09	175.3607726	0.00565
33230	1.283	15.1	178.09	186.5910495	0.00631
35230	1.398	15.1	178.09	197.8213263	0.00688
37230	1.502	15.1	178.09	209.0516031	0.00739
39230	1.649	15.1	178.09	220.2818799	0.00812
41230	1.799	15.1	178.09	231.5121568	0.00885
43230	2.002	15.1	178.09	242.7424336	0.00985
45230	2.25	15.1	178.09	253.9727104	0.01106
46290	2.54	15.1	178.09	259.9247571	0.01250
45990	2.85	15.1	178.09	258.2402156	0.01403
45690	2.90	15.1	178.09	256.5556741	0.01427
E=	15000(fc) ^{0.5}	POR CONCRETO ARMADO			
E=	24183.27322	Kg/cm ²			





Planta De
Chancado
Roca Fuerte

Foto N°1: Ubicación de la planta de chancado roca fuerte -Fuente google maps 2014



Planta de
Chancado
Roca Fuerte

Rio Chonta

Foto N°2: Ubicación de planta de chancado roca fuerte - Fuente google maps



Foto N° 3. Vista de la planta de chancado Roca Fuerte



Foto N° 4: Material fino seleccionado



Foto N° 5: Material fino acumulado

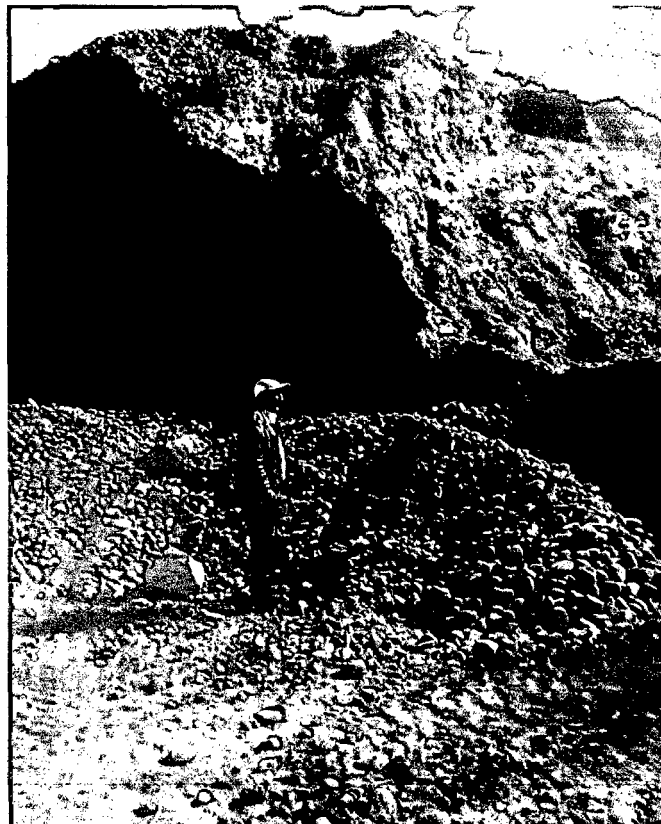


Foto N° 6: Material acumulado procedente del rio cajamarquino



Foto N° 7: Material y maquinaria de transporte



Foto N° 8. Vista de Maquinaria chancadora y material grueso acumulado



Foto N° 9: Máquina de chancado y material grueso acumulado

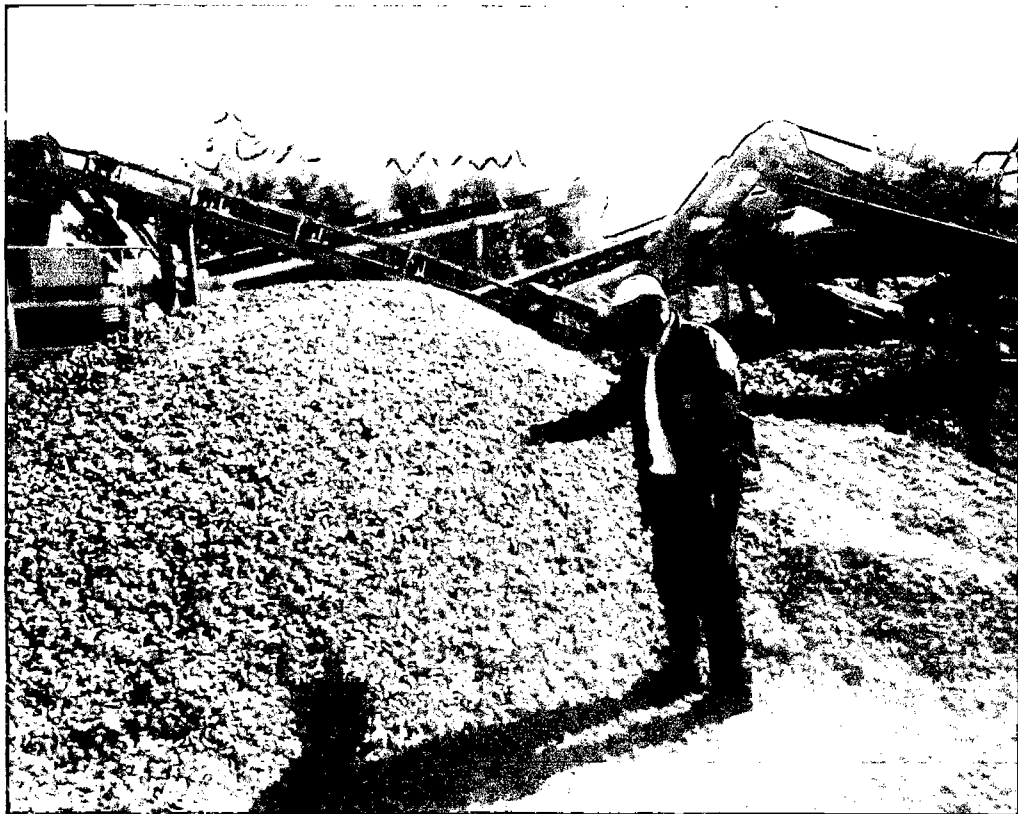


Foto N° 10: Máquina de chancado y material grueso acumulado



Foto N° 11: Agregado transportado al lugar del laboratorio

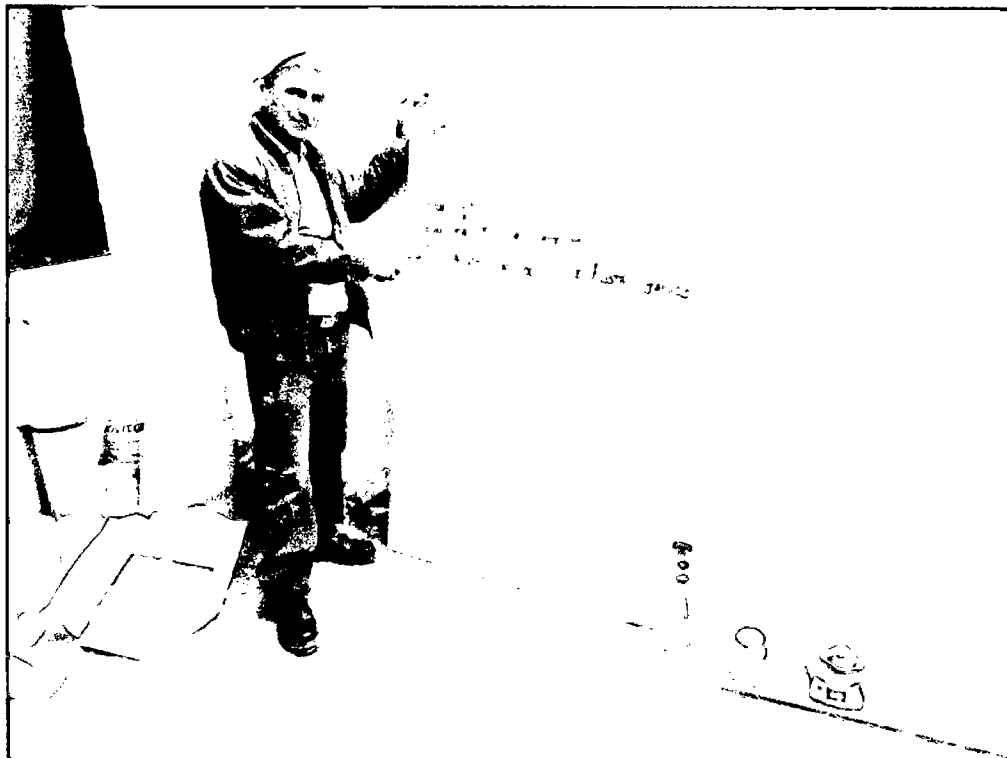


Foto N° 12: Análisis de granulometría del material



Foto N° 13: Análisis granulométrico del material fino y grueso



Foto N° 14: Diseño de mezcla



Foto N° 15: Elaboración de mezclas de concreto

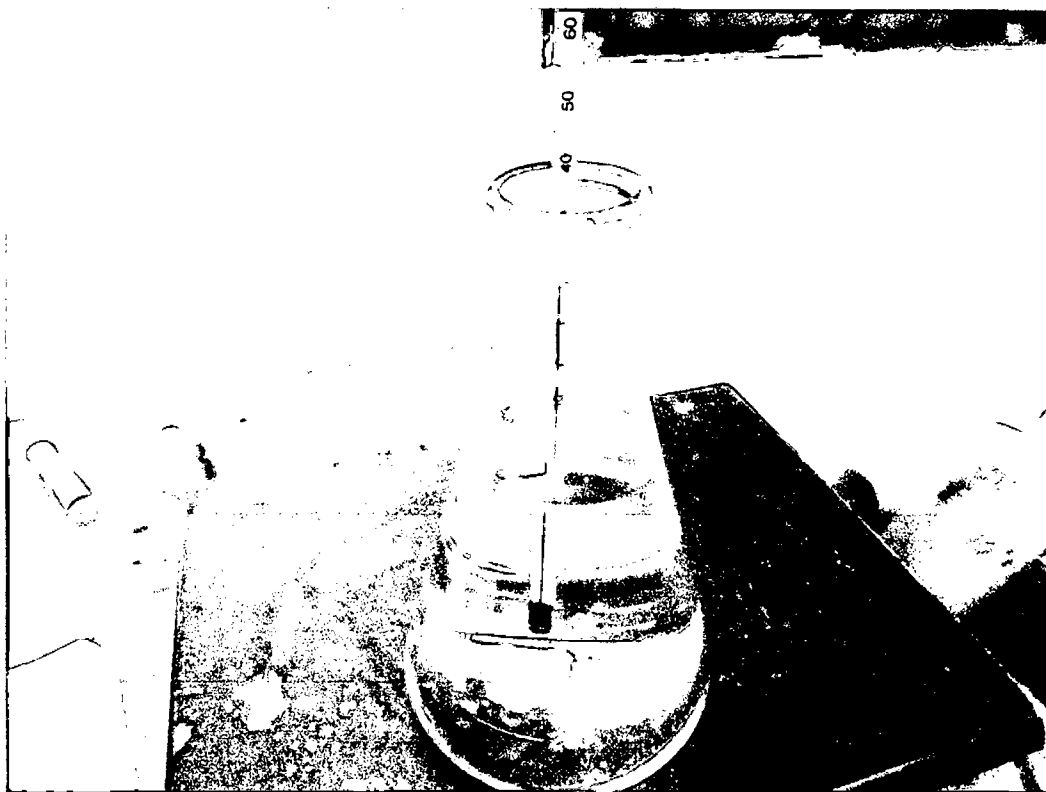


Foto N° 16: Medición de la temperatura del agua



Foto N° 17: Medida de asentamiento de mezcla



Foto N° 18: Medida del asentamiento de mezcla

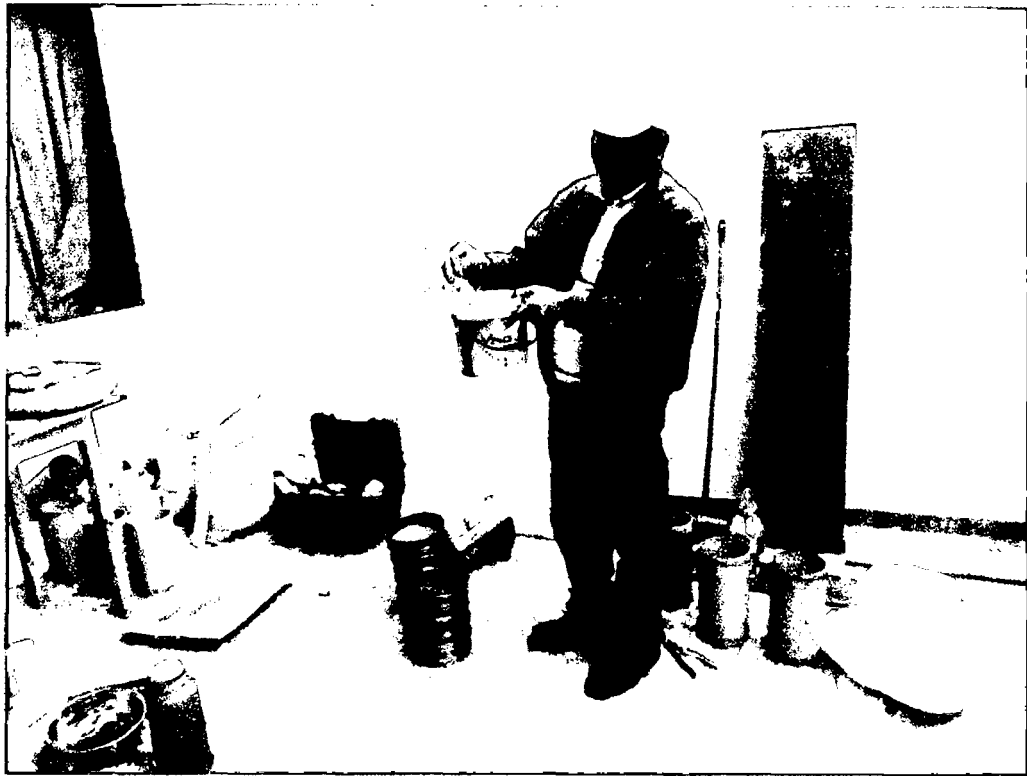


Foto N° 19. Medida de la temperatura del agua



Foto N° 20: Elaboración de especímenes de concreto a diferentes temperaturas de agua



Foto N° 21: Espécimen de concreto luego de ser sometido a la prueba de compresión



Foto N° 22: Falla del espécimen de concreto



Foto N° 23. Asesor metodológico en laboratorio

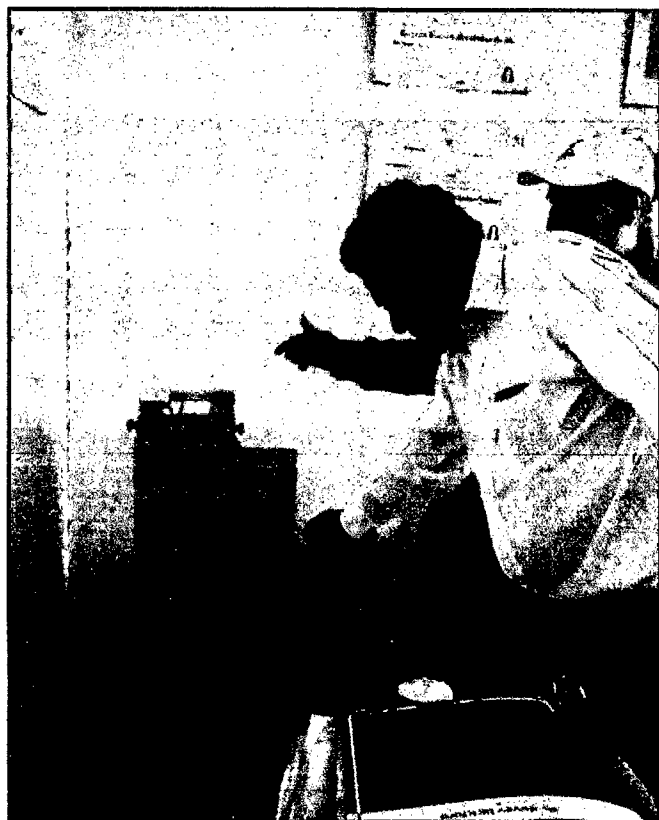


Foto N° 24. Asesor metodológico en laboratorio



Foto N° 25. Espécimen de concreto fallado



Foto N° 26. Peso y medida de espécimen de concreto, antes de ser sometido a la prueba de compresión