



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL
INGENIERÍA CIVIL

**“VARIACIÓN DE LAS RESISTENCIAS
MECÁNICAS DEL CONCRETO ANTE
LA ACCIÓN DEL FUEGO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

- **Bach. LAVADO ENRIQUEZ JUANA MARIBEL**
- **Bach. LAVADO ENRIQUEZ LUZVENIA MARIANELA**

ASESOR:

Ing. FELIPE VILLAVICENCIO GONZÁLEZ

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2005



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“ VARIACIÓN DE LAS RESISTENCIAS MECÁNICAS DEL CONCRETO ANTE LA ACCIÓN DEL FUEGO”

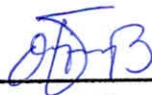
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO CIVIL

TESISTAS:

Bach. LAVADO ENRIQUEZ JUANA MARIBEL


Bach. LAVADO ENRIQUEZ LUZVENIA MARIANELA

SUSTENTADA Y APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO: EL DÍA 13 DE
SETIEMBRE DEL 2005.



Ing. ABNER LEÓN BOBADILLA

Presidente



Ing. HUGO ROJAS RUBIO

Secretario



Ing. FELIPE VILLAVICENCIO GONZALEZ

Integrante

Informe N° ___001___ - 05 - UNS - A.T./ FVG.

A : Ing. Abner León Bobadilla.
Presidente de la comisión de Prácticas Pre - Profesionales y Tesis
de la EAPIC - UNS.

DE : Ing. Felipe Villavicencio González.
Asesor de Tesis - **“Variación de las Resistencias Mecánicas del
Concreto Ante la Acción del Fuego”**

ASUNTO : Finalización de Labores de Asesoramiento de Tesis -
Conformidad de Informe Final de Trabajo de Investigación.

REF. : Resolución Decanatural N° 062-2004-UNS-FI (19.03.2004)
Designación de Asesor.

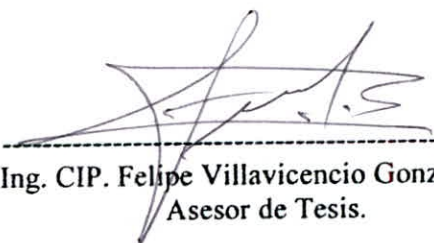
FECHA : Nuevo Chimbote, 13 de Mayo del 2005.

Es grato dirigirme a Usted para expresarle mi cordial saludo y al mismo tiempo, indicarle que con Resolución Decanatural N° 062-2004-UNS-FI (19.03.2004), fui designado Asesor de Tesis del Proyecto de trabajo de investigación intitulado: **“Variación de las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante la Acción del Fuego”**; presentado por los Bachilleres en Ing. Civil: Juana Maribel Lavado Enriquez y Luzvenia Marianela Lavado Enriquez, dicho proyecto de trabajo de investigación fue aprobado con Resolución Decanatural de la Facultad de Ingeniería N° 088-2004-UNS-FI, con fecha 07 de Abril del 2004, y con el tiempo computable a partir del 07 de Abril del mismo año.

A la fecha de la elaboración del presente informe, el Proyecto de Trabajo de Investigación está concluido, con el Visto Bueno del suscrito, se da la CONFORMIDAD a dicho Informe Final, dejando a los interesados para que soliciten la designación de su Jurado Evaluador del Informe Final y a la Presidencia de la Comisión de Prácticas Pre Profesionales y Tesis de la EAPIC, para su posterior trámite, a fin de que dicho informe final sea sustentado de acuerdo con el Reglamento General para Obtenerle Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la U.N.S.

Sin otro particular me reitero de Usted.

Atentamente,



Ing. CIP. Felipe Villavicencio González
Asesor de Tesis.

Dedicatoria

Esta Obra está dedicada de forma muy especial primero a nuestros padres Juana Enriquez Pereda y Román Lavado Ciudad como muestra de nuestro amor y eterno agradecimiento; a nuestro sobrinito Cristhían a quien amaremos siempre , a mis abuelos, a mis hermanos Hermán, Jorge, Yolanda gracias por ser nuestra amiga y por tu apoyo incondicional en el transcurso de toda nuestra carrera Profesional, Alfonso, Elsa, Elizabeth, Ángel, Javier, Walter, a nuestra queridas sobrinas Vanessa, Nadine, Ivón y por último a nuestras pequeñas hijas Marie y Kineshy.

Maribel y Luzvenia

Agradecimiento

Nuestro agradecimiento eterno a Dios todos los días por las cosas maravillosas que nos regala, por la vida, los cielos, el mar la tierra, nuestras familias, por la oportunidad que nos da de conocernos unos a otros, dones indiscutibles de la existencia de este ser tan maravilloso que nos ama, y que junto a su hijo cuida de nosotros...donde estés... te amamos señor.

Es nuestro deseo mencionar a aquellos que nos ofrecieron su ayuda incondicionalmente y que forman parte de nuestro proyecto de tesis.

Nuestro reconocimiento al Ing. FELIPE VILLAVICENCIO GONZÁLEZ, por sus importantes aportes y comentarios como asesor de tesis.

Un agradecimiento especial al Técnico Tomas Contreras Rodríguez por el incondicional apoyo y amistad brindados, sellos indiscutibles de su calidad profesional y humana.

A nuestro compañero Carlos Aranda Prieto, quienes nos brindó su apoyo incondicional durante todo el desarrollo de nuestro proyecto de tesis.

Al Ing. Máximo Espinoza Jiménez nuestro enorme agradecimiento por la construcción del horno en forma incondicional, para la quema de los testigos de concreto.

Y de alguna u otra forma a todos aquellos que nos apoyaron a lo largo de este emocionante camino que es el de la ingeniería civil.

Maribel & Luzvenia

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	01
CAPITULO I: GENERALIDADES	02
1.1. Antecedentes	03
1.2. Hipótesis	05
1.3. Objetivos y alcances del estudio	05
1.3.1 Objetivo General	05
1.3.2 Objetivos Específicos	05
1.4. Etapas de investigación	06
1.5. Métodos de trabajo	07
CAPITULO II: MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO	09
2.1. Cemento Portland Tipo I	10
2.1.1. Composición del cemento Pórtland Tipo I	10
2.1.2. Mecanismos de Hidratación del cemento	12
2.1.3. Estructura del cemento Hidratado	13
2.1.4. Tipos de cementos y sus aplicaciones principales	14
2.2. Agua para el concreto	16
2.2.1. Generalidades	16
2.2.2. Valores limites del agua para el concreto	17
2.2.3. Aguas no recomendables para el concreto	17
2.3. Agregados Para el concreto	18
2.3.1. Agregado Fino:	20
A) Propiedades físicas:	21

2.3.2.	Agregado Grueso el concreto	25
A.	Propiedades Físicas	26
B.	Propiedades Térmicas	29
2.4	Resistencia a la Compresión del Concreto	34
2.4.1	Factores que afectan la resistencia a la compresión del concreto	36
2.5	Resistencia a la tracción del concreto	37
CAPITULO III: MATERIALES A USARSE EN LA INVESTIGACIÓN		40
3.1.	Cemento	41
3.1.1.	Cemento Portland Tipo I – Pacasmayo	41
3.2.	Agregados	42
3.2.1.	Canteras a utilizarse en la investigación	42
3.3	Horno para la quema de probetas	44
CAPITULO IV: DISEÑO DE MEZCLAS – ENSAYOS REALIZADOS		46
EN LABORATORIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.		
4.1.	Generalidades	47
4.2.	Método de Diseño Modulo de Fineza	48
4.3.	Selección de las Proporciones del Concreto- Método Modulo de Fineza	49
4.4.	Aspectos a considerarse para el Diseño de Mezclas	53
4.5.	Desarrollo de los diseño de mezcla - método del modulo de fineza	54
4.5.1	Procedimiento del calculo de la relación $a/c = 0.45$	54
4.5.2	Procedimiento del calculo de la relación $a/c = 0.50$	57
4.5.3	Procedimiento del calculo de la relación $a/c = 0.60$	59
4.6.	Cuadro resumen de las dosificaciones para el diseño de mezclas	62
4.7	Ensayos de laboratorio de las propiedades del concreto en estado fresco	62

4.7.1 Trabajabilidad y Consistencia	62
4.7.2 Peso Unitario	63
CAPITULO V: PROCESO DE QUEMADO DE LAS PROBETAS DE	64
CONCRETO DE LAS RELACIONES a/c: 0.45, 0.50, 0.60.	
5.1. Proceso de Quemado	65
I) Proceso de quemado de las probetas de concreto a los 300°C.	66
II) Proceso de quemado de las probetas de concreto a los 400°C.	70
III) Proceso de quemado de las probetas de concreto a los 600°C.	75
IV) Proceso de quemado de las probetas de concreto a los 800°C.	79
CAPITULO VI: ENSAYOS EN EL LABORATORIO DE LAS	85
PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO	
ENDURECIDO DEL CONCRETO PATRÓN Y QUEMADO.	
6.1. CONCRETO PATRÓN	86
6.1.1 Resistencia a la compresión F^c del concreto patrón	86
6.1.1.1 Valores promedios obtenidos de la rotura de probetas del	87
concreto patrón según su relación a/c: 0.60,0.50,0.45.	
6.1.1.2 Cuadro de resumen del F^c promedio del concreto patrón	88
de las relaciones a/c = 0.60, 0.50, 0.45.	
6.1.2 Resistencia a la tracción F^t del concreto patrón.	89
6.1.2.1 Valores promedios obtenidos de la rotura de probetas del	90
concreto patrón según su relación a/c: 0.60,0.50,0.45.	
6.1.2.2 Cuadro de resumen del F^t promedio del concreto patrón	91
de las relaciones a/c = 0.60, 0.50, 0.45.	

6.2. CONCRETO QUEMADO	92
6.2.1 Resistencia a la compresión $F'c$ del concreto sometido a la acción directa del fuego.	92
6.2.1.1 Valores promedios del $F'c$ obtenidos de la rotura de probetas del concreto sometido a la acción directa del fuego, según su relación a/c, a los 300°C de temperatura.	93
6.2.1.2 Valores promedios del $F'c$ obtenidos de la rotura de probetas del concreto sometido a la acción directa del fuego, según su relación a/c, a los 400°C de temperatura.	95
6.2.1.3 Valores promedios del $F'c$ obtenidos de la rotura de probetas del concreto sometido a la acción directa del fuego, según su relación a/c, a los 600°C de temperatura.	97
6.2.1.4 Valores promedios del $F'c$ obtenidos de la rotura de probetas del concreto sometido a la acción directa del fuego, según su relación a/c, a los 800°C de temperatura.	99
6.2.1.5 Cuadro resumen del $F'c$ de las probetas sometidas a la acción directa del fuego a distintas temperaturas.	101
6.2.2 Resistencia a la tracción $F't$ del concreto sometido a la acción directa del fuego.	101
6.2.2.1 Valores promedios del $F't$ obtenidos de la rotura de probetas del concreto sometido a la acción directa del fuego, según su relación a/c, a los 300°C de temperatura.	102
6.2.2.2 Valores promedios del $F't$ obtenidos de la rotura de probetas del concreto sometido a la acción directa del fuego, según	103

su relación a/c, a los 400°c de temperatura.	
6.2.2.3 Valores promedios del F't obtenidos de la rotura de probetas del concreto sometido a la acción directa del fuego, según su relación a/c, a los 600°c de temperatura.	105
6.2.2.4 Valores promedios del F't obtenidos de la rotura de probetas del concreto sometido a la acción directa del fuego, según su relación a/c, a los 800°c de temperatura.	106
6.2.2.5 Cuadro resumen del F't de las probetas sometidas a la acción directa del fuego a distintas temperaturas.	108
CAPITULO VII: COMPARACIONES Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS.	109
7.1. Materiales del Concreto en la Investigación	110
7.1.1. Cemento Pórtland Tipo I – Pacasmayo.	110
7.1.2. Agregado fino	110
7.1.3. Agregado grueso	111
7.1.4. Agua	111
7.2. Sobre los Ensayos de las probetas del Concreto Patrón.	112
7.2.1. Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón	112
7.2.2. Resistencia a la Tracción del Concreto Patrón	114
7.2.3. Cuadro de Resumen General de las Propiedades Mecánicas del Concreto Patrón.	116
7.3. Sobre los Ensayos de las probetas del Concreto Sometido a la Acción Directa del Fuego	116

7.3.1. Resistencia a la Compresión del Concreto Sometido a la Acción directa del fuego.	117
7.3.2 Resistencia a la Tracción del Concreto Sometido a la Acción directa del fuego.	123
7.3.3 Cuadro de Resumen General de las Propiedades Mecánicas del Concreto Sometida a la Acción Directa del Fuego.	130
7.4. Variación Porcentual de las Probetas de Concreto Patrón VS Concreto Sometido a la Acción Directa del fuego.	130
7.4.1 Resistencia a la Compresión F^c del Concreto Patrón VS Concreto Sometida a la Acción directa del Fuego.	130
7.4.2 Resistencia a la Tracción F^t del Concreto Patrón VS Concreto Sometida a la Acción directa del Fuego.	134

CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 138

8.1 Conclusiones 139

8.2 Recomendaciones 141

BIBLIOGRAFÍA 144

ANEXOS

ANEXO I: Rotura de Probetas

ANEXO II: Panel Fotográfico

RESUMEN

Esta tesis tiene por finalidad evaluar la influencia que ejerce el fuego en el concreto, para ello se utilizó el laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional del Santa, en donde se fabricó probetas con diseños de mezcla para las relaciones a/c: 0.45, 0.50, y 0.60, las cuales después de un tiempo de 50 días se sometieron a la acción directa del fuego a temperaturas de 300° C, 400° C, 600° C y 800° C; para luego realizar los ensayos de Resistencia a la Compresión y de Resistencia a la Tracción de Compresión Diametral para poder así conocer las Variaciones de las Resistencias Mecánicas del Concreto que ocurren durante y después de un incendio.

Según los resultados obtenidos, podemos afirmar que la relación a/c = 0.60 es la que tiene un mejor comportamiento ante la acción del fuego después de los 500 °c, antes de esta temperatura la que mejor se comportó fue la relación a/c = 0.45, esto en cuanto a su variación de sus resistencias mecánicas respecto de las relaciones a/c = 0.50 y 0.45.

Estos datos recolectados servirán para un análisis comparativo entre el concreto patrón y el concreto sometido a la acción directa del fuego y así poder discernir de la opción más recomendable a usar, generando con esto las mejores alternativas en la fabricación de concretos resistentes a la acción directa del fuego (incendios).

ABSTRACT

This thesis has for purpose to evaluate the influence that exercises the fire in the concrete, for it you uses the laboratory of Rehearsal of Materials of the National University of the Santa where was manufactured test tubes with mixture designs for the relationships a/c: 0.45, 0.50, and 0.60, which underwent the direct action from the fire to temperatures of 300° C, 400° C, 600° C and 800° C after a time of 50 days; for then to carry out the rehearsals of Resistance to the Compression and of Resistance to the Traction of Diametrical Compression for this way to be able to know the Variations of the Mechanical Resistances of the Concrete that happen during and after a fire.

It is important to determine the time that you/they would support the structures of concrete, exposed to the severe action of a fire without the security of the same one is affected.

These gathered data will be good for a comparative analysis between the patron concrete and the subjected concrete to the direct action of the fire and this way to be able to discern from the most advisable option to use, generating with this the best alternatives in the production of concrete resistant to the direct action of the fire (fires).



INTRODUCCIÓN

El fuego es un agente agresor de las estructuras en general, y en particular de las de concreto. El ataque del fuego es un fenómeno muy complejo ya que actúa sobre un material compuesto de acero y de concreto, los mismos que tienen comportamiento y reacciones muy diferentes ante temperaturas elevadas. La evaluación del problema requiere estudios experimentales y sobre todo cierto grado de especialización, en el que se deben considerar fundamentalmente los siguientes aspectos: alteraciones producidas en las propiedades mecánicas del concreto y del acero de refuerzo, efecto sobre la adherencia entre el concreto y el acero, efecto de las deformaciones consideradas como consecuencias de las dilataciones parcial o totalmente restringidas, esfuerzos producidos por gradientes de distribución de temperaturas.

El presente trabajo de investigación se limita al estudio solamente de probetas de concreto; las cuales son producto de un riguroso control en su preparación así como en los mismos diseños de mezcla, utilizándose para ello cemento Portland Tipo I y agregados de la zona, para tal propósito se realizará una serie de ensayos en concreto fresco y endurecido. En cuanto al concreto endurecido las muestras han sido divididas en dos grupos las cuales han sido llamadas concreto patrón y concreto sometido a la acción directa del fuego, en donde con los resultados obtenidos se han construido una serie de cuadros y gráficos, los cuales dan las conclusiones finales así como el aporte al cual se quiere llegar por el presente estudio

No está demás agregar que el Ingeniero debe tener los conocimientos apropiados de los efectos que producen los incendios en el concreto esto junto con su buen criterio en ingeniería debe lograr trabajos de alta seguridad, calidad y economía según las especificaciones de cada proyecto.



CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

El estudio del concreto expuesto al fuego en ciertos momentos de la vida de un edificio es necesario, ya que como se sabe el concreto es un material no combustible, por lo que se considera de poca importancia el efecto fundamental de la temperatura. También se cree que el concreto tiene las

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

características no combustibles, por lo que se considera de poca importancia el efecto fundamental de la temperatura. También se cree que el concreto tiene las

características no combustibles, por lo que se considera de poca importancia el efecto fundamental de la temperatura. También se cree que el concreto tiene las

características no combustibles, por lo que se considera de poca importancia el efecto fundamental de la temperatura. También se cree que el concreto tiene las

características no combustibles, por lo que se considera de poca importancia el efecto fundamental de la temperatura. También se cree que el concreto tiene las

características no combustibles, por lo que se considera de poca importancia el efecto fundamental de la temperatura. También se cree que el concreto tiene las



magnitud terminaron por debilitar al concreto y acero ocasionando pues el colapso de toda la estructura.

WASHINGTON, 11 de septiembre (France Presse). Los aviones de línea Boeing 767 y 757 que chocaron contra el World Trade Center liberaron cada uno, en el momento de la explosión de su tanque lleno de combustible, una energía equivalente a 500 kilos de TNT, es decir, 25 veces más potentes que la mayor bomba convencional existente, según los cálculos de varios físicos estadounidenses. En la actualidad no existe estructura de concreto que resista tal cantidad de energía explosiva.

Para llegar a esas cifras, según explicó uno de los científicos que realizó el cálculo, el biofísico Steven Block, de la Universidad de Stanford, se tomó en cuenta el peso total de la carga de un Boeing 767-200 (145 ton), cuyos tanques llenos contienen 63,000 litros de combustible, lanzado a una velocidad de crucero de 850 kph.

La energía liberada es al menos igual a 2% de la bomba atómica sobre Hiroshima, según otro físico, Frank Moscatelli, de Swarthmore College, en Pensilvania, citado en el sitio internet Space.com.

Por otro lado, según el centro sísmico de Palissades, en el estado de Nueva York, a 30 km de Manhattan, al derrumbarse las Torres Gemelas ocasionaron temblores equivalentes a sismos de una magnitud de 2.1 y 2.3 en la escala Richter.

La historia no es la misma después del atentado a las Torres Gemelas. La incertidumbre acerca de posibles cambios económicos y culturales a escala mundial retumbó en el ámbito de la arquitectura. Aquellas estructuras de acero -



concreto y redes de los grandes edificios que ofrecían alta tecnología de seguridad y de confort empiezan a ponerse entre paréntesis.

Como puede verse el concreto es usado en edificaciones y construcciones a nivel Nacional e Internacional por ser incombustible, seguro y por el tiempo de servicio económico.

Es necesaria una constante verificación del cumplimiento de las especificaciones contenidas en la reglamentación vigente de incendios.

1.2 HIPOTESIS

- ✚ Usar diseño de mezclas con relación a/c altas mayores a 0.45, mal diseño de mezclas, agregados de alta conductividad térmica y/o mala calidad de agregados; influyen en la variación de las resistencias mecánicas del concreto ante la acción del fuego (incendios).

1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES DE ESTUDIO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- ✚ Investigar mediante un diseño de mezcla la elaboración de un concreto adecuado que brinde la mayor seguridad ante un posible incendio, usando los agregados locales.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✚ Determinar los tipos de concretos en función de su relación a/c, que disminuyen en mayor porcentaje su resistencia al estar sometidos a la acción del fuego.
- ✚ Determinar la variación de las resistencias mecánicas del concreto al estar estas bajo la acción del fuego.



✚ Servir como trabajo de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

1.4 ETAPAS DE INVESTIGACIÓN

El proyecto de investigación se desarrolla en 3 etapas, las cuales son:

1.4.1 Primera Etapa o Estudio de Pre Factibilidad:

Consiste en la recolección de información existente acerca de los concretos expuestos al fuego, así como la programación y coordinación de todo lo concerniente al método más eficaz que se utilizará para los diseños de mezclas en la fabricación de concretos óptimos que serán sometidos a la acción directa del fuego.

1.4.2 Segunda Etapa o Estudio de Factibilidad:

Consiste en el desarrollo de la parte experimental de la investigación en las cuales se debe demostrar la factibilidad y viabilidad de las alternativas seleccionadas, que se basa en la fabricación de un concreto óptimo en el laboratorio teniendo como base de comparación a un diseño de mezcla de un concreto patrón y muestras de concreto sometido a la Acción del fuego.

1.4.3 Tercera Etapa o Estudio Definitivo:

Viene a ser el último paso en el desarrollo de la tesis, que consiste en procesar los datos numéricos y las observaciones experimentadas en la fabricación de probetas y proceso de ensayos debidamente sometidos a la acción directa del fuego, así como dar las conclusiones y recomendaciones respectivas.



1.5 MÉTODOS DE TRABAJO

1.5.1 Análisis de la Información Disponible:

Para la elaboración del presente trabajo se recopiló y analizó la información bibliográfica referente a la tecnología del concreto, materiales de construcción, normas técnicas (ASTM, NTP, ITINTEC), y además de dos estudios realizados que a continuación se mencionan:

- Tesis de Gavelan Lino Edith Patricia y Vargas Goicochea Sonia “Evaluación de las Canteras para Obras Civiles en la Provincia del Santa” del 2003.
- “Determinación del Resistencia al Fuego de Estructuras de Concreto Armado”, de Wilson Silva, Daniel Torrealva y Luis Zegarra; Profesores del Departamento de Ingeniería de la Universidad Católica del Perú.

1.5.2 Trabajo de Campo

- Recolección de los agregados grueso y fino para los diseños de mezclas de concreto con distintas relación a/c (0.45, 0.50, 0.60), los cuales deben estar exentos de impurezas y material blando principalmente, las demás características pueden anotarse en laboratorio.
- Construcción de un horno rectangular de sistema directo, en donde serán sometidas al fuego las probetas cilíndricas.

1.5.3 Ensayos de Laboratorio y Gabinete

- De las características físicas del los agregados obtenidas se realizaron los diseños de mezcla para las relaciones a/c = 0.60, a/c = 0.50, a/c = 0.45 en el



Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional del Santa, con los cuales se elaboraron probetas teniendo un curado normal de 28 días.

- A la edad de 50 días las probetas cilíndricas se sometieron a la acción directa del fuego a distintas temperaturas de 300° C, 400° C, 600° C, 800° C, usando un horno Pre fabricado de sistema directo; inmediatamente después se separaron probetas de concreto de distintas relaciones a/c; para el quemado por tanda correspondiente, teniendo en cuenta para ello el tiempo respectivo. Si nos preguntamos porque a los 50 días y no a los 28, es sencillamente porque la probabilidad de que el evento buscado suceda cuando la estructura de concreto este ya puesta en servicio y los elementos estructurales estén trabajando ya a su máxima resistencia en cuanto al concreto y toda su demás composición.
- Para la comparación respectiva de las probetas de concreto la denominación será probetas patrón VS probetas de concreto sometido a la acción directa del fuego, las cuales serán sometidas a ensayos de Resistencia a la compresión y ensayos de Resistencia a la Tracción de Compresión Diametral del concreto.
- Además se proceso y analizó los resultados obtenidos en los Ensayos de Laboratorio para llegar así a las diferentes conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de Investigación.



CAPITULO II

MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO



CAPITULO II

MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO Y EQUIPOS

2.1 CEMENTO PORTLAND TIPO I

Es el producto final de la pulverización del clinker al cual se le añade yeso en cantidades pequeñas (3% a 6%) para controlar el endurecimiento violento; lográndose un polvo fino que pasa completamente la malla N° 200, y que está listo para su proceso de envasado y comercialización.

CLINKER

Es un producto artificial obtenido de la calcinación a elevadas temperaturas (1400-1450°C) de la mezcla en proporciones específicas de polvo de rocas arcillosas y calizas, obteniéndose módulos de varios tamaños usualmente ¼" a 1" de diámetro de color negro característico, reluciente y duros al enfriarse.

2.1.1 COMPOSICIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND TIPO I

Como el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una fórmula química. No obstante los compuestos químicos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852 y que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado, tenemos los siguientes:

a) Silicato Tricálcico: $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

Este compuesto químico define la resistencia inicial y tiene incidencia directa en el calor de hidratación.



b) Silicato Dicálcico: $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

Este compuesto define la resistencia a largo plazo, teniendo menos incidencia en el calor de hidratación.

c) Aluminato Tricálcico: $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

Este compuesto por si solo no incide en la resistencia del cemento, pero en combinación con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso de 3% a 6% para controlarlo.

d) Ferro Aluminato Tetracálcico: $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y en menor incidencia en el calor de hidratación.

e) Oxido de Magnesio: MgO

Este componente tiene importancia para contenidos mayores del 5% pues genera problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.

f) Oxido de Potasio y Sodio: $\text{K}_2\text{O}_5\text{NaO}$

Son más importantes estos álcalis cuando entran en contacto con cierto tipo de agregados produciéndose reacciones químicas generando expansiones en los cementos y morteros.

g) Oxido de Magnesio y Titanio: $\text{Mn}_2\text{O}_3, \text{TiO}_2$

El primero no tiene significación especial en las propiedades del cemento, salvo en su colocación, que tiende a ser marrón si se tiene contenidos mayores al 3% y se ha observado que para cantidades mayores del 5% existe disminución de las resistencias a largo plazo.



El segundo componente influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos mayores del 5%.

2.1.2 MECANISMO DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO

Se denomina hidratación del cemento al conjunto de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento, que lleva consigo el cambio del estado plástico al endurecido. La velocidad con que se desarrolla la hidratación es directamente proporcional a la finura del cemento e inversamente al tiempo, por lo que inicialmente es muy rápida y va disminuyendo paulatinamente con el transcurso de los días, aunque nunca se llega a detener.

Dependiendo de la temperatura, el tiempo y la relación a/c que reaccionan, se puede definir los siguientes estados que se han establecido de manera arbitraria para distinguir las etapas del proceso de hidratación:

a. PLÁSTICO

Es la unión del agua y el polvo de cemento formando una pasta moldeable, cuanto mayor es la relación a/c , mayor es la contracción de partículas de cemento en la pasta compactada y por ende la estructura de los productos de hidratación son mucho más resistentes.

El período latente de reposo en que las reacciones se efectúan dura entre 40 min. y 120 min. Dependiendo de la temperatura del ambiente.

b. FRAGUADO INICIAL

Es la condición de la pasta de cemento en las que se aceleran las reacciones químicas, empieza el endurecimiento y la pérdida de plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse.



Es la etapa en la que se evidencia el proceso exotérmico (reacciones que producen calor) donde se genera el ya mencionado calor de hidratación, que es consecuencia de las reacciones químicas descritas. Se forma una estructura porosa llamado gel de hidratación de Silicatos de Calcio, con consistencia coloidal intermedia entre sólidos y líquidos que van rigidizándose a medida que siguen hidratándose los silicatos, este período dura alrededor de 3 horas.

En esta etapa la pasta puede remezclarse sin producir deformaciones permanentes ni daños en la estructura que aun está en formación.

c. FRAGUADO FINAL

Se obtiene al término de la de etapa de fraguado inicial caracterizándose por un endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. La estructura del gel esta constituida por el ensamble definitivo de sus partículas endurecidas.

d. ENDURECIMIENTO

Se produce a partir del fraguado final y es el estado en que se mantienen e incrementan con el tiempo las características resistentes, es el estado final de la pasta en que se evidencia totalmente las influencias de la composición del cemento.

2.1.3 ESTRUCTURA DEL CEMENTO HIDRATADO

Un concepto básico que nos permite entender el comportamiento del concreto reside en que el volumen de los productos originados por la hidratación siempre es menor que la suma de los volúmenes de agua y cemento que los originan, debido a que por combinación química el volumen de agua disminuye en un 25%, lo que trae como consecuencia la contracción de la pasta endurecida.

Los productos de hidratación son:



- **GEL DE CEMENTO**

El agua contenida en este producto denominado “gel” es la que hidrata al cemento, por lo que no se evapora por ser intrínseca y esencial de la reacción química.

- **POROS DE GEL**

Son espacios muy pequeños entre los productos de gel de cemento, no siendo esenciales en la reacción química, por lo que pueden evaporarse.

- **POROS CAPILARES**

Son espacios con mayor tamaño que los poros gel, en donde se puede ubicar al agua capilar.

2.1.4 TIPOS DE CEMENTOS Y SUS APLICACIONES PRINCIPALES

Los cementos Pórtland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de Normas para el cemento Pórtland (C-150) tenemos:

a) CEMENTO PORTLAND TIPO I

Es el cemento destinado a Obras de concreto en general uso general, donde no se requiere de propiedades especiales. Es el cemento que se utiliza para el desarrollo de la tesis de investigación.

b) CEMENTO PORTLAND TIPO II

Es un cemento que presenta una moderada resistencia a los sulfatos y una moderada hidratación, recomendada para vaciados de concreto masivos (moderado calor de hidratación).



c) CEMENTO PORTLAND TIPO III

Es un cemento que por su composición química ofrece una alta resistencia inicial, recomendado para climas fríos o para una puesta de Servicios más adelantada de las estructuras. El concreto hecho con el cemento Pórtland Tipo III desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en los 28 días por concretos hechos con cemento Tipo I o Tipo II.

d) CEMENTO PORTLAND TIPO IV

Es un cemento de bajo calor de hidratación recomendado para vaciado de concreto masivo o para zonas altas de temperatura ambiente.

e) CEMENTO PORTLAND TIPO V

Este tipo de cemento se fabrica para zonas de trabajo donde exista un ataque bastante agresivo de sulfatos y es de moderado calor de hidratación.

También es importante mencionar otros tipos de cementos que son utilizados en nuestro medio, que son obtenidos a partir de algunos tipos de cementos mencionados anteriormente y por adición de algún material o sustancia, tenemos:

f) CEMENTO PORTLAND TIPO IS

Cemento al que se le ha añadido entre un 25 % a 70% de escoria de altos hornos referido al peso total.

g) CEMENTO PORTLAND TIPO ISM

Cemento al que se ha añadido menos del 25 % de escoria de altos hornos referido al peso total.

h) CEMENTO PORTLAND TIPO IP



Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que está entre el 15% y 40% de su peso total.

i) CEMENTO PORTLAND TIPO IPM

Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje de hasta el 15% de su peso total.

El cemento empleado en la preparación del concreto deberá cumplir con algunos requisitos de las siguientes Normas ITINTEC para cementos Portland:

Cementos Portland Tipo I, II y V que corresponden respectivamente a las Normas ITINTEC 304.009, 334.038, 334.040

Cementos Portland Tipo IP y IPM que corresponden a la Normas ITINTEC 304.044.

2.2 AGUA PARA EL CONCRETO

2.2.1 GENERALIDADES

El agua es un elemento fundamental para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto.

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

1. Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
2. Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
3. Procurar la estructura de vacíos necesarias en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacios para desarrollarse.



2.2.2. VALORES LÍMITES DEL AGUA PARA EL CONCRETO

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma específica y ser de preferencia potable u otra procedencia pero exigiendo los límites que se dan a continuación:

TABLA N° 2.2.2

REQUISITOS PARA AGUA DE MEZCLA – NTP 339.088

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
Cloruros	300 ppm.
Sulfatos	300 ppm.
Sales de magnesio	150 ppm.
Sales solubles totales	1500 ppm.
Ph.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm.
Materia orgánica	10 ppm.

Fuente: Normas Técnicas Peruanas

2.2.3 AGUAS NO RECOMENDABLES PARA EL CONCRETO

No existe un patrón definitivo en cuanto a las limitaciones en composición química que debe tener el agua de mezcla, ya que incluso aguas no aptas para el consumo humano sirven para preparar concreto y por otro lado depende mucho del tipo de cemento y las impurezas de los demás ingredientes.



Como dato interesante, es una evidencia que en el Perú muy pocas “aguas potables” cumplen con las limitaciones nominales indicadas, sobre todo en lo que se refiere a los contenidos de sulfatos y carbonatos, sin embargo sirven para el consumo humano y consecuentemente para el concreto.

Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, eflorescencia, contribución a la corrosión del acero y cambios volumétricos.

2.3 AGREGADOS PARA EL CONCRETO

Se define como agregados al conjunto de partículas inorgánicas obtenidos o producidos a partir de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

FUNCIONES DEL AGREGADO EN EL CONCRETO

Las tres principales funciones del agregado en el concreto son:

- Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento; de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.
- Proporcionar un relleno natural de bajo costo adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de ésta por unidad de volumen y por lo tanto, tener un costo por unidad de volumen de concreto no elevado.



IMPORTANCIA DE LA GRADACIÓN DE LOS AGREGADOS.

Además de la consideración de la composición mineral y las características superficiales de las partículas de agregado, la buena gradación granulométrica de éstos es de vital importancia en el diseño e interacción de la mezcla ya que esta propiedad así como la superficie específica, módulo de fineza y tamaño máximo influyen fundamentalmente sobre las propiedades de concreto en su estado no endurecido y maximiza la densidad logrando una reducción de vacíos con la que se estaría optimizando el concreto.

Por otro lado una granulometría continua de la combinación de los agregados, permite la máxima compacidad del concreto fresco, por tanto la máxima densidad del concreto endurecido y su máxima resistencia.

MATERIALES PERJUDICIALES AL CONCRETO CONTENIDOS EN LOS AGREGADOS.

Se dan aquí los límites permisibles, Arcilla 0.25%, Partículas blandas 5%,

Material más fino que la malla N° 200 1%, carbón y lignito 1%

AGREGADOS PARA CONCRETO DE DIVERSOS PESOS UNITARIOS.

Una característica importante del concreto es su peso unitario, porque es el indicador de las propiedades que a su vez influyen decisivamente en el empleo que se le da. Como es evidente, dicha característica del concreto depende principalmente del peso específico de los agregados que lo integran.

Las clases de concreto según su peso unitario son:



- **Baja Densidad:** Son concretos de baja densidad cuyo peso varía entre 300 – 800 Kg/m³, dicho concreto es usado para aislamiento térmico y acústico de muy baja resistencia (menos de 70 Kg/cm²).
- **Ligero Intermedio:** Son concretos de peso ligero intermedio que varía entre 800 – 1400 Kg/m³, dicho concreto no es de uso estructural, de baja resistencia (de 70 a 175 Kg/cm²).
- **Ligero Estructural:** Son concretos ligeros cuyo peso varía entre 1400 – 1900 Kg/cm², dicho concreto es de uso estructural de mediana y alta resistencia (de 175 – 500 Kg/cm²).
- **Peso Normal:** Son concretos normales, cuyo peso varía desde 2200 – 2500 Kg/m³, el cual puede ser de uso no estructural y estructural, desde muy baja hasta alta resistencia (desde menos de 70 hasta 1200 Kg/cm² e inclusive mas).
- **Pesado:** Son concretos cuyo peso varia entre 2600 – 5500 Kg/m³ y es usado frecuentemente para blindaje contra radiaciones, contrapesos de puentes Levadizos y otras aplicaciones especiales, con diversos requisitos de resistencia.

2.3.1 AGREGADO FINO:

El agregado fino es un material que se obtiene de la desintegración natural o artificial de otros agregados de mayor tamaño. Está comprendido por todos los tamaños que pasan por la malla 3/8” y quedan retenidas en la malla N° 200. Para ser utilizado en la proporción de concreto deberá cumplir con ciertas propiedades físicas controladas por normas de calidad.



A. PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO:

El agregado fino a utilizarse en el concreto debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones Normas Técnicas Peruanas NTP.

La determinación de estos requisitos denominadas propiedades físicas nos permitirá obtener valores que serán utilizados para los diseños de mezclas de concreto a estudiar. Las propiedades físicas a determinar son: peso específico, peso unitario, granulometría, módulo de finura, porcentaje de finos que pasa la malla N° 200, contenido de humedad y absorción. A continuación presentamos las propiedades físicas estudiadas:

➤ PESO ESPECÍFICO (N.T.P. 400.022 / A.S.T.M. C-128)

Peso específico de masa; es la relación del peso al aire de un volumen unitario de un agregado incluyendo los vacíos al peso en aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada, se puede emplear agua potable libre de gas a la temperatura establecida.

Se usa en los diseños de mezclas y en la determinación del peso sólido y volumen absoluto. La norma ASTM C – 128 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado fino.

Teniendo comúnmente el siguiente rango para concretos normales: peso unitario de 2200 kg/m^3 a 2550 kg/m^3 y un peso específico de los agregados de 2.4 gr/cm^3 a 2.8 gr/cm^3 .

Peso específico aparente; es la relación del peso en aire de un volumen unitario de un agregado al peso en aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada o agua potable libre de gas a la temperatura establecida.



Es necesario para la dosificación de la mezcla, para el cálculo de los volúmenes absolutos del material.

➤ **PESO UNITARIO (N.T.P. 400.017 / A.S.T.M. C-29)**

El peso unitario de un agregado es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, considerando los vacíos que se encuentran en su interior; se expresa en Kilos por metro cúbico.

El peso unitario se expresa en dos formas: el suelto y el compactado.

▪ **PESO UNITARIO SUELTO**

El agregado se llena continuamente hasta completar un volumen establecido sin ningún tipo de compactación.

▪ **PESO UNITARIO COMPACTADO**

El agregado se llena en tres partes iguales, aplicando compactación por varillado a cada capa de acuerdo a la especificación de la norma.

El peso unitario está influenciado por su:

- Gravedad específica
- Granulometría
- Perfil y textura superficial
- Condición de humedad
- Grado de compactación de masa

➤ **GRANULOMETRIA (N.T.P. 400.012 / A.S.T.M. C-33)**

Esta propiedad caracteriza al agregado en base a la densidad de tamaños de sus partículas que lo conforman. Para esta caracterización de tamaños debe analizar mediante su separación en 7 fracciones, cribándola a través de las mallas



normalizadas como “serie estándar” cuyas aberturas se duplican sucesivamente a partir de la mas reducida que es igual a 0.150 mm (ASTM N° 100) y cuyo procedimiento de ensayo esta dado por la norma indicada. La importancia de esta propiedad es que de acuerdo a la forma como están distribuido s sus tamaños tienen influencia directa sobre el comportamiento del cemento fresco y endurecido.

REQUISITOS GRANULOMETRICOS

MALLA	% QUE PASA
3/8”	100
N°4	95 – 100
N°8	80 – 100
N°16	50 – 100
N°30	25 – 60
N°50	10 – 30
N°100	0

Fuente: Normas A.S.T.M C-33

➤ SUPERFICIE ESPECÍFICA

Se define como la suma total de las áreas superficiales por unidad de peso del agregado fino.

Se asume generalmente para fines de cálculo y simplificación que todas las partículas son de forma esférica, y además que el diámetro es el promedio entre los 2 tamices: el inferior y el superior inmediato, lo cual ya introduce error,



demás que no tiene el sustento experimental del modulo de fineza, por lo que no se usa mucho salvo a nivel e investigación.

➤ **MÓDULO DE FINURA (N.T.P. 400.011 / A.S.T.M. C-125)**

Siendo igual a la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las mallas de la serie estándar, el valor del módulo de fineza para la fabricación del concreto debe estar comprendido entre $2.30 \leq m.f. \leq 3.10$.

Las arenas que presentan un m.f. inferior a 2.30 se consideran demasiadas finas e inconvenientes para el concreto porque suelen requerir mayor consumo de cemento, lo cual repercute en el aspecto económico y en los cambios volumétricos. Si son mayores a 3.10 resultan demasiados gruesas y también se les juzga inadecuadas ya que producen mezclas ásperas y segregable.

El módulo de finura del agregado fino se calcula mediante la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100, dividiendo entre 100; del ensayo granulométrico.

De la forma siguiente:

$$M F = \frac{N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

➤ **MATERIAL FINO QUE PASA LA MALLA N° 200**

Este ensayo nos permite determinar en porcentaje la cantidad de material de tamaño menor que la Malla N° 200, que se encuentra adherido a las paredes del



agregado o que se encuentra como material suelto mezclado con el agregado fino.

➤ **CONTENIDO DE HUMEDAD (N.T.P. 400.011 / A.S.T.M. C-125)**

Este valor indica el porcentaje de agua que posee el agregado y se obtiene al determinar el contenido de agua de una muestra húmeda secada al horno en 110 °C, entre el peso de la materia; y a este cociente se multiplica por 100.

Los agregados usualmente son considerados en un estado saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos y llenos de agua y libre de humedad superficial, siendo una condición ideal para fines prácticos y de diseño de dosificación ya que se supone que los agregados no añaden ni quitan agua a la mezcla.

➤ **PORCENTAJE DE ABSORCION (N.T.P. 400.011 / A.S.T.M. C-125)**

La absorción de un agregado se indica por el porcentaje total de agua interna que le es necesario tomar a un agregado para llegar a la condición de saturado con superficie seca; condición de equilibrio.

Es una medida de la porosidad del agregado y su valor máximo permite saber cuanto de agua tomará el agregado en la mezcla del concreto.

La absorción en el agregado fino no suele exceder del 5%.

2.3.2 AGREGADO GRUESO

Son materiales obtenidos por la desintegración natural o mecánicas de rocas de mayor tamaño. Se trata del material que es retenido en la malla N° 4, y que para



que pueda ser utilizado en la proporción de concreto, sus propiedades deben cumplir los controles de calidad que especifica la norma.

A. PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO:

Los agregados gruesos para que puedan ser utilizados en la preparación de concreto, deben cumplir con los requerimientos mínimos que especifican las normas de control, siendo de vital importancia que sus propiedades físicas mantengan el margen de los límites pre establecidos en dichas normas de calidad. Las propiedades físicas a estudiar: peso específico, peso unitario, granulometría, modulo de finura, contenido de humedad y porcentaje de absorción.

➤ **PESO ESPECÍFICO (N.T.P. 400.021 / A.S.T.M. C-127)**

Esta propiedad es un indicador de la calidad del agregado; el peso específico no será menor de 2.6, correspondientes a agregados de buena calidad, mientras que valores que el menor indicado son de mala calidad (porosos, débiles y absolutamente con mayor cantidad de agua, etc.). La norma ASTM C- 127 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado grueso.

➤ **PESO UNITARIO (N.T.P. 400.017 / A.S.T.M. C-29)**

El peso unitario de un agregado es el peso de un volumen establecido, considerando los vacíos que se encuentran en su interior; se expresa como el peso de material por cubo.

El peso unitario se expresa en dos formas: el suelto y el compactado, generalmente se expresa kilos por metro cúbico.

Su cálculo tanto para suelto como para compactado lo determina la norma en mención.



▪ **PESO UNITARIO SUELTO**

El agregado se llena continuamente hasta completar un volumen establecido sin ningún tipo de compactación.

El peso unitario varía con el contenido de humedad. Este incrementa en el agregado grueso cuando incrementa su contenido de humedad.

▪ **PESO UNITARIO COMPACTADO**

El agregado se llena en tres partes iguales, aplicando compactación por varillado a cada capa de acuerdo a la especificación de la norma.

➤ **GRANULOMETRIA (N.T.P. 400.012 / A.S.T.M. C-33)**

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma, los cuales están indicados en la siguiente tabla:

REQUISITOS GRANULOMETRICOS ASTM C - 33

ASTM Nº	TAMAÑO NOMINAL	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		4"	3	3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16
1	3 ½" a 1 ½"	10	90 a		25 a		0 a		0 a 5					
2	2 ½" a 1 ½"			100	90 a	35 a	0 a		0 a 5					
3	2" a 1"				100	95 a	35 a	0 a		0 a 5				
357	2" a Malla Nº4				100	95 a		35 a		10 a		0 a 5		
4	1 ½" a ¾"					100	90 a	20 a	0 a		0 a 5			
467	1 ½" a Malla					100	95 a		35 a		10 a	0 a 5		
5	1" a ½"					100	90 a	20 a	0 a	0 a 5				
56	1" a 3/8"					100	90 a		10 a	0 a	0 a 5			
57	1" a Malla Nº 4					100	95 a		25 a		0 a	0 a 5		
6	¾" a 3/8"						100	90 a	20 a	0 a	0 a 5			
67	¾" a Malla Nº4							100	90 a		20 a	0 a	0 a 5	
7	½" a Malla Nº4								100	90 a	40 a	0 a	0 a 5	
8	3/8 a Malla Nº4									100	85 a	10 a	0 a	0 a 5

Fuente: Normas A.S.T.M. C-33



La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla 1 ½" y no más del 6% del agregado que pasa la malla ¼".

➤ **SUPERFICIE ESPECÍFICA**

Se define como la suma total de las áreas superficiales por unidad de peso del agregado grueso.

Se asume generalmente para fines de cálculo y simplificación que todas las partículas son de forma esférica, y además que el diámetro es el promedio entre los 2 tamices: el inferior y el superior inmediato, lo cual ya introduce error, demás que no tiene el sustento experimental del modulo de fineza, por lo que no se usa mucho salvo a nivel e investigación.

➤ **MODULO DE FINURA (N.T.P. 400.012 / A.S.T.M. C-136)**

Es un Índice Aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El modulo de fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos.

El Módulo de Fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de mallas Standard: 3", 1" ½", ¾", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 y dividiendo entre 100, de la siguiente manera:



$$M.F. = \frac{3''+1 \frac{1}{2}''+ \frac{3}{4}''+3/8''+N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

➤ **CONTENIDO DE HUMEDAD (N.T.P. 400.021 / A.S.T.M. C-566)**

Este valor indica el porcentaje de agua que posee el agregado y se obtiene al determinar el contenido de agua de una muestra húmeda secada al horno en 110° C, entre el peso de la materia; y a este cociente se multiplica por 100.

➤ **PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (N.T.P. 400.021 / A.S.T.M. C-127)**

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser secado a peso constante y luego sumergido 24 horas en agua. La absorción de un agregado se indica por el porcentaje total de agua interna que le es necesario tomar a un agregado para llegar a la condición de saturado con superficie seca; condición de equilibrio.

Es una medida de la porosidad del agregado y su valor máximo permite saber cuanto de agua tomara el agregado en la mezcla del concreto.

La absorción no suele exceder de 3% para el agregado grueso.

B. PROPIEDADES TERMICAS DEL AGREGADO GRUESO:

Condicionan el comportamiento de los agregados ante el efecto de los cambios de temperatura. Estas propiedades tienen importancia básica en el concreto pues el calor de hidratación generado por el cemento, además de los cambios térmicos ambientales actúan sobre los agregados provocando dilataciones, expansiones, retenciones o disipación de calor según sea el caso.



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

➤ **COEFICIENTE DE EXPANSIÓN**

Cuantifica la capacidad de aumento de dimensiones de los agregados por cada grado de variación de la temperatura. Depende mucho de la composición y estructura interna de las rocas y varía significativamente entre los diversos tipos de rocas. El coeficiente de expansión térmica del concreto, es influido por las características de los agregados y de la pasta del cemento en forma proporcional aproximadamente.

En los agregados secos es alrededor de un 10 % mayor que en estado parcialmente saturado. Para las rocas que normalmente constituyen los agregados, el intervalo de variación del coeficiente de expansión térmica se puede situar entre 1 y 16 millonésimas/ $^{\circ}\text{C}$, de acuerdo con su composición mineralógica y estructura principalmente. En cuanto a la pasta de cemento endurecida, este coeficiente depende de su composición, edad, grado de hidratación y condición de humedad, y se estima que sus valores oscilan entre 10 y 21 millonésimas/ $^{\circ}\text{C}$.

Se desprende la posibilidad que en un determinado caso puede existir una diferencia importante entre el coeficiente de expansión térmica de los agregados y el de la pasta del cemento y que esto conduzca a cambios volumétricos diferenciales y microfisuramientos en el interior del concreto por efectos de su variación de temperatura.



➤ **CALOR ESPECÍFICO**

Es la cantidad de calor requerida para incrementar en 1 °C la temperatura. Se le expresa con frecuencia en Kilojoules dividida ente Kilogramo x °C.

El calor especifico en función de la temperatura presenta una elevación gradual debido a la absorción del calor al evaporarse el agua, desafortunadamente este aspecto positivo va acompañado de una dilatación y evaporación del agua de los poros aislados, lo que produce un desprendimiento explosivo del recubrimiento.

La resistencia y el módulo de elasticidad disminuyen al aumentarse la temperatura, pero van acompañados de importantes aumentos de deformación de rotura. Esto permite al concreto absorber los esfuerzos de compresión derivados de las dilataciones restringidas sin gran daño en muchos casos.

El fuego afecta al comportamiento de las armaduras de refuerzo aunque de forma diferente al caso del concreto.

No varía mucho en los diferentes tipos de rocas salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos.

ACCIÓN DEL FUEGO.

El tipo de agregado tiene influencia sobre la resistencia del fuego de las estructuras de concreto, siendo los mas recomendables aquellos que han sido sometidos a la acción del calor durante su formación.

La falla del concreto debida a la acción del fuego es debida, entre otras razones, a la acción opuesta entre la pasta, la cual tiende a contraerse debido a la perdida de humedad, y el agregado el cual, de acuerdo a su composición mineralógica, se expande con el incremento de la temperatura. Esta doble acción origina





agrietamiento y descascaramiento, con la subsecuente exposición del acero a la acción del fuego.

Los concretos comprendidos dentro de los preparados con agregados normalmente empleados en obra, muestran pequeñas diferencias en su resistencia al fuego cuando ellos están secos. **Los estudios de laboratorio y obra han demostrado que aquellos concretos preparados utilizando agregados livianos tienen una mejor resistencia al fuego que los preparados con agregados de peso normal** (Fuente: Naturaleza y Materiales del Concreto – Enrique Rivva López, Capítulo 5 pag 221).

También hay una mayor resistencia al fuego, cuando se utiliza como agregado grueso escorias de alto horno, agregados calcáreos, o agregados de origen ígneo, los cuales se comportan mejor que los agregados silíceos de origen sedimentario o metamórfico. Ello se debe a que los materiales mas livianos reducen la conductividad térmica del concreto aislándolo mejor de la fuente de calor. Igualmente las escorias de alto horno son más resistentes al fuego debido a que son livianas y tienen estabilidad mineral en altas temperaturas.

Los agregados carbonatados son generalmente más resistentes que determinados agregados silíceos. La dolomita calcina entre 600 y 700 °C y la calcita presente en las calizas a 900 °C en una atmósfera al 100% de bióxido de carbono. Los agregados que contienen cuarzo, tales como el granito, las gravas silíceas, la arenisca y la cuarzita, son mas susceptibles a los daños del fuego. A aproximadamente 570 °C el cuarzo expresa una subida expansión de 0.85% debida a la transformación del cuarzo alfa en cuarzo beta. Esta expansión da lugar a que el concreto se astille y pierda resistencia.



Es importante indicar que conforme se forma la capa calcinada, ella aísla al concreto de la fuente de calor y reduce la velocidad con la cual el interior del concreto podría calentarse.

➤ **CONDUCTIVIDAD TÉRMICA**

Es la mayor o menor facilidad para conducir el calor a través de un cuerpo, Está influenciado básicamente por la porosidad siendo su rango de variación relativamente estrecho. Puede expresarse en diversas unidades, pero es frecuente emplear Kilojoules divididos entre metros hora x °C.

Durante mucho tiempo los investigadores han sostenido que las propiedades térmicas del concreto y sus ingredientes parecen tener alguna relación no bien definida sobre la durabilidad del concreto, dado que podrían desarrollarse esfuerzos internos peligrosos cuando el cambio de volumen de los agregados, debido a variaciones de temperatura, es sustancialmente diferente del de la pasta, o cuando existen grandes diferencias en el coeficiente de expansión entre las partículas del agregado.

Se han efectuado estudios de concretos y morteros sujetos a cambios lentos y rápidos de temperatura en agua y aire, empleando diferentes tipos de agregados y proporciones de mezcla. Los agregados se seleccionaron de manera de proporcionar un amplio margen en los coeficientes térmicos, y preparando mezclas para concretos con o sin aire incorporado. Se ha podido establecer lo siguiente:

- a. Los cambios rápidos de temperatura no son mucho mas destructivos que los cambios lentos. La diferencia de cambios de volumen entre los ingredientes debido a la acción térmica no es la causa principal de desintegración.



- b. La resistencia del concreto a los cambios de temperatura parece estar mas directamente relacionada con el coeficiente térmico del concreto en si mismo que a las diferencias entre los coeficientes térmicos de los ingredientes, fallando con mayor rapidez los concretos con mayor coeficiente térmico.
- c. El deterioro del concreto durante los cambios de temperatura parece deberse a deformaciones resultantes de diferencia de temperatura dentro de la masa, más que a diferencias en el coeficiente térmico.
- d. Los agregados gruesos que tienen coeficientes térmicos diferentes del mortero en el cual están embebidos causan cambios en el coeficiente térmico de este aproximadamente en proporción al volumen de agregado grueso empleado. Igualmente, el agregado fino afecta el coeficiente térmico del mortero en proporción a su volumen en la mezcla.

➤ **DIFUSIVIDAD**

Representa la velocidad con que se pueden producir cambios térmicos dentro de una masa. Se expresa como el cociente de dividir la conductividad térmica entre el producto del calor específico por la densidad del material.

2.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Este parámetro es obtenido a través del ensayo de un cilindro estándar de 6” (15 cm) de diámetro y 12” (30 cm) de altura. El espécimen debe permanecer en el molde 24 horas después del vaciado y posteriormente debe ser curado bajo agua hasta el momento del ensayo. El procedimiento estándar requiere que la probeta tenga 28 días de vida para ser ensayada, sin embargo este periodo puede alterarse si se especifica. Durante la prueba, el cilindro es cargado a un ritmo



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil
“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

uniforme de $2.45 \text{ kg/cm}^2/\text{s}$. La resistencia a la compresión (f'_c) se define como el promedio de la resistencia de, como mínimo dos probetas tomadas de la misma muestra probadas a los 28 días. El procedimiento se describe en detalle en las normas ASTM C-192-90a y C-39-93a.

En ocasiones, un periodo de 28 días para determinar la resistencia del concreto puede resultar muy largo por lo que se suele efectuar ensayos a los siete días. La relación entre la resistencia obtenida a los siete días y la resistencia a los 28 días es aproximadamente:

$$f'_{c7} = 0.67 f'_{c28}$$

Empíricamente se puede tomar:

$$f'_{c28} = f'_{c7} + 8\sqrt{f'_{c7}}$$

En la siguiente tabla se muestra la relación entre la resistencia del concreto a una determinada edad y su resistencia a los 28 días.

**RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN
DIFERENTES ETAPAS Y LA RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS**

Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 años	5 años
$f'_{c(t)} / f'_{c28}$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

Fuente: Diseño de Estructuras de Concreto Armado (Teodoro E. Harmsen y J. Paola Mayorca)

Actualmente la norma ASTM C-39-93a permite utilizar los resultados de ensayos a compresión de probetas no estándar siempre que se les apliquen factores de corrección. La resistencia obtenida constituye una fracción de la resistencia de un cilindro estándar. Los factores de corrección se muestran en la siguiente tabla tomada de la norma ASTM C-39-93a.



- b. Tipo de Cemento:** De acuerdo al tipo de cemento, el desarrollo a la resistencia a la compresión varía con el tiempo, sin embargo, puede observarse que después de cierto tiempo, los concretos elaborados con concretos diferentes alcanzan aproximadamente las mismas características.
- c. Tipo de Agregado:** La probeta ensayada puede romperse a través de la piedra o en la interfase agregado-pasta. Si el agregado es resistente, el primer caso no se presenta. En cambio, la falla en la interfase piedra-mortero depende del grado de unión de ambos elementos. Este es función de la textura de su superficie, gradación, tamaño máximo, etc. En concretos de alta resistencia, la resistencia del agregado juega un papel muy importante en la resistencia del concreto.
- d. Duración del Curado:** Es difícil determinar el tiempo de curado necesario, pero el ACI especifica un mínimo de siete días para cemento Portland normal (ACI-5.11.1). Si se usa cementos de fraguado lento, este periodo debe incrementarse, mientras que si se usa cementos de fragua rápida, puede disminuirse pero nunca a menos de tres días (ACI-5.11.2). En caso de concretos de alta resistencia, el curado debe iniciarse a temprana edad para obtener resultados satisfactorios. Los concretos curados a vapor pueden reducir el periodo de curado a la décima parte. En general el proceso no se suspenderá hasta que se haya alcanzado el 70% de la resistencia a la compresión en las probetas curadas bajo las mismas condiciones que el concreto vaciado en obra.

2.5 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL CONCRETO

La resistencia del concreto a la tracción es mucho menor que su resistencia a la compresión constituyendo aproximadamente entre un 8% a 15% de esta. Para la



determinación de este parámetro no se suele usar ensayos directos debido a las dificultades que se presentan sobretodo por los efectos secundarios que generan los dispositivos de carga. Para estimarlo se ha diseñado dos métodos indirectos.

El primero llamado prueba brasilera o split-test consiste en cargar lateralmente el cilindro estándar, a lo largo de uno de sus diámetros hasta que se rompa. El procedimiento está especificado en la norma ASTM C-496-90.

El esfuerzo de ruptura de tensión a través del diámetro se encuentra de la relación:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi h d}$$

en que :

P: es la carga aplicada durante la ruptura.

h: la longitud del cilindro

d: el diámetro

El valor de f_{ct} oscila entre $1.59\sqrt{f'c}$ y $2.2\sqrt{f'c}$ para concretos normales generalmente se toma $f_{ct} = 1.6\sqrt{f'c}$.

El segundo método consiste en evaluar la resistencia a la tracción a través de pruebas de flexión. Para este ensayo se usa una viga con sección transversal cuadrada de 6” (15 cm) de lado y una longitud igual a 70 cm, con apoyos en los 60 cm. centrales, la cual se carga en los tercios de la luz entre los apoyos. La falla se produce entre los puntos de aplicación de las cargas. El parámetro obtenido recibe el nombre de módulo de ruptura y es igual a:

$$f_r = \frac{M}{S} = \frac{Mc}{I}$$



$$f_r = \frac{6M}{bh^2}$$

Donde:

f_r : Módulo de ruptura.

M : Momento flector en la sección de falla.

c : Distancia del eje neutro al extremo de la sección.

S : Módulo de la sección de la viga.

b : Ancho de la sección rectangular.

h : Peralte de la sección rectangular.

El código del ACI sugiere para este parámetro los siguientes valores:

$$f_r = 2\sqrt{f'c}$$

Los resultados de ambas pruebas se han relacionado y se ha determinado que el módulo de ruptura, f_r , es igual a 1.25 a 1.50 veces la resistencia a la tracción del concreto, f_{ct} .

En general para el diseño la resistencia al atracción del concreto es despreciada, excepto en el diseño de algunas estructuras de concreto simple, como cimientos o zapatas sin armar.



CAPITULO III

MATERIALES A USARSE EN LA

INVESTIGACIÓN



CAPITULO III

MATERIALES A USARSE EN LA INVESTIGACION

3.1. CEMENTO:

3.1.1. CEMENTO PORTLAND TIPO I – PACASMAYO

En nuestro proyecto de investigación optamos por usar el cemento Peruano Pacasmayo Pórtland tipo I.

TABLA N° 3.1.1
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

CARACTERÍSTICAS	CEMENTO PORTLAND TIPO I – PACASMAYO
Peso específico	3.15
Contenido de aire	10.5%
Fraguado Vicat:	
Inicial	2h29m
Final	5h10m
Superficie específica	3.400cm ² /gr
Expansión auto clave	0.22%
Resistencia a la Compresión:	
03 días	168 Kg/cm ²
07 días	210 Kg/cm ²
28 días	273 Kg/cm ²

Fuente: Cementos Pacasmayo

USOS DEL CEMENTO :

El cemento Portland Tipo I – Pacasmayo, es usualmente utilizado en nuestra localidad para construcciones en general, en las que se requiere condiciones típicas del concreto que se fabrica, tales como: edificaciones, obras hidráulicas,



veredas, pavimentos, alcantarillado, tanques elevados etc,(ASTM–C 150), siendo el más usado en obras por los constructores e ingenieros de la localidad.

3.2. AGREGADOS

3.2.1. CANTERAS A USARSE EN LA INVESTIGACIÓN

A) AGREGADO FINO

Cantera La Cumbre (Lorena Paola)

La cantera La Cumbre o Lorena Paola es una cantera no metálica dedicada exclusivamente a la explotación de arena gruesa para la construcción, es explotada por el propietario a solicitud de terceros clientes, por lo que no cuenta con un personal permanente en la zona.

a. **Propietario:** Sr. Isidoro Chero Gálvez

b. **Ubicación:** La cantera se encuentra ubicado en:

LOCALIDAD : Pampa Carbonera
DISTRITO : Nepeña
PROVINCIA : Del Santa
DEPARTAMENTO : Ancash
REGIÓN : Ancash

Se encuentra ubicado a la derecha de la Carretera Panamericana Norte a la altura del Kilómetro 415 y a 2.77 Km al Este de la Panamericana.

c. **Accesibilidad:** La vía principal de acceso a esta cantera es la Carretera Panamericana Norte, complementándose con el camino de acceso a la margen derecha de la Panamericana y a una distancia aproximada de 2.77 Kilómetros.

d. **Métodos de Explotación:** La explotación se realiza a cielo abierto con Maquinaria pesada (cargador frontal) y una zaranda estática de diámetro de ¼”.



e. **Tipos de Agregados:** El material que comercializa esta cantera es arena gruesa.

B) AGREGADO GRUESO

Cantera La Sorpresa (Agregco)

La cantera La Sorpresa o Agregco es una cantera no metálica dedicada exclusivamente a la explotación de materiales para la construcción, obteniéndose materiales chancados, los cuales son explotados por la empresa **AGRECO** mediante la extracción de roca fresca de los cerros ubicados dentro del área de la cantera

a. **Propietario:** Srs. Manuel Alva Portilla Sucesores.

b. **Ubicación** : La cantera se encuentra ubicado en:

DISTRITO : Chimbote

PROVINCIA : Del Santa

DEPARTAMENTO : Ancash

REGIÓN : Ancash

Se encuentra ubicado a la izquierda de la Carretera Panamericana Norte a la altura del Kilómetro 437 antes de la entrada del túnel que separa las ciudades de Chimbote y Coishco.

c. **Accesibilidad:** El acceso a esta cantera es por la Panamericana Norte a la altura del Km 437 con un desvío a la margen izquierda, la distancia a la cantera es de unos 200 m, la cual se observa desde la Panamericana Norte.



- d. Métodos de Explotación:** La explotación se realiza a cielo abierto mediante el uso de explosivos para obtener una roca mediana, la cual es trasladada hacia la chancadora, y obtener así el producto final.
- e. Calculo de Reserva:** Esta cantera tiene una potencia promedio de 5.00 m, aproximadamente tienen un 80% de reserva por lo que el volumen de reserva de explotación es de 3'240,000 m³.
- f. Tipos de Agregados:** El material que comercializa esta cantera es piedra chancada de ½” a ¾” y de 1”, confitillo, y agregado integral (material para afirmado).

3.3 HORNO PARA LA QUEMA DE PROBETAS.

Dispositivo cuyo objetivo es el de principalmente almacenar la energía calorífica para la quema de probetas cilíndricas.

A) CONSTRUCCIÓN:

La construcción del horno fue manual del tipo sistema directo se hizo con unidades de ladrillo refractario sílico aluminoso de medidas 9”*4 1/2”*2 1/2” (son materiales de arcillas sílico-aluminosas de alta refractariedad para ser utilizados en altas temperaturas con altas resistencias mecánicas, su baja porosidad es producto de una alta densidad y son utilizados en aplicaciones hasta 1400 °c) y para la unión entre ellos, se uso también mortero refractario ; cuyas dimensiones interiores del horno fueron de 36.5 cm de ancho x 1.00 m de largo x 35 cm de alto; contando con una chimenea para la evacuación de gases, la capacidad del horno es de 6 probetas cilíndricas aproximadamente pudiendo ser mas o menos según la necesidad de una buena quema.



Los materiales empleados como ladrillo y mortero refractario, para la construcción del mismo fueron proporcionados por FABRICANTES DE ELECTROCERAMICA S.A.C FECSAC.

B) MATERIAL COMBUSTIBLE

Para alimentar de energía calorífica al horno se uso gas propano conectado mediante mangueras a un quemador.

C) MEDIDOR DE TEMPERATURA

Para el control de temperatura se uso un medidor, el cual es conectado con el horno mediante un TERMOCUPLA de Níquel y cromo tipo k .Cuya capacidad de medición es hasta 1200 °C.

D) UBICACIÓN DEL HORNO.

La ubicación de la construcción del horno fue en la planta industrial de, la misma empresa FECSAC, ubicado en jirón 28 de julio Mz: P' – 3 Villa Maria – Nuevo Chimbote.

Propietario: Ing. Máximo Espinoza Jiménez

Ubicación de la planta industrial:

DISTRITO : Nvo. Chimbote – P.J VILLA MARIA

PROVINCIA : Del Santa

DEPARTAMENTO : Ancash

REGIÓN : Chavín



CAPITULO IV

DISEÑO DE MEZCLAS – ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO



CAPITULO IV DISEÑO DE MEZCLAS

4.1 GENERALIDADES

El concreto endurecido es un material artificial compuesto, el cual consiste en un medio ligante, denominado pasta, dentro del que se encuentran embebidas partículas de un medio denominado agregado.

La pasta es el resultado de la combinación química del cemento y el agua. Se le considera la fase continua del concreto, ya que siempre esta unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto.

El agregado es la fase discontinua del concreto, dado que sus diversas partículas no están unidas o en contacto unas con otras, sino se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida.

Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus componentes, pudiendo ser mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto.

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso. Sin embargo, si bien su calidad depende en forma muy importante tanto de un profundo conocimiento del material como de la calidad profesional del ingeniero, el concreto en general es desconocido en muchos de sus grandes siete aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales.



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

4.2 METODO DE DISEÑO: MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS

Para el diseño de la mezcla de concreto existen varios métodos a considerar, pero para el desarrollo de la presente tesis de investigación se ha optado por el método del MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS, el cual toma el módulo de fineza total de la mezcla de los agregados como elemento fundamental para evaluar su habilidad en satisfacer determinado diseño de mezcla.

El sustento teórico reside en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de las partículas para una cierta distribución granulométrica, y experimentalmente está demostrado que independientemente de la granulometría, los concretos con igual módulo de fineza total de los agregados, tienen dentro de ciertos límites los mismos requerimientos de agua, características resistentes y trabajabilidad, **en conclusión manteniendo el módulo de fineza total constante independientemente de la granulometría, se mantienen también constantes la trabajabilidad y la resistencia.**



En base a esto varios investigadores han establecido Módulos de fineza Óptimos para ciertas condiciones de contenido de cemento, tamaño máximo y tipo de agregados que permiten una aproximación práctica muy buena a los diseños más eficientes.

La deficiencia del método estriba en que obvia el análisis detallado de la granulometría de la mezcla, basándose solo en el promedio que representa, lo que en algunos casos tiende a subestimar la importancia de los finos, por lo que lo recomendable es aplicarlo conjuntamente con una curva teórica para una verificación adicional o también corregir el diseño hasta obtener la trabajabilidad deseada lo cual incluye granulometrías aceptadas por el responsable del diseño.

4.3 SELECCIÓN DE LAS PROPORCIONES DEL CONCRETO POR EL METODO DEL MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE LOS AGREGADOS.

En el método de diseño del comité 211 del ACI, se determina en primer lugar los contenidos de cemento, agua, aire y agregado grueso y por diferencia de la suma de volúmenes absolutos en relación con la unidad, el volumen absoluto y peso seco del agregado fino. De esta manera, sea cual fuere la resistencia deseada, en tanto se mantengan constantes el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el modulo de fineza del agregado fino, el contenido total de agregado grueso en la mezcla será el mismo, independientemente del contenido de la pasta.

Este método ha llevado a muchos investigadores a cuestionar el Método de Diseño del ACI y buscar un procedimiento en el cual la relación fino-grueso se



modifique en función del contenido de pasta en consideración al contenido de cemento de esta.

Stanton Walter, conjuntamente con el grupo de investigadores del Laboratorio de Concreto de la Universidad de Maryland, ha formulado un procedimiento de selección de las proporciones de la unidad cúbica de concreto en el cual los porcentajes de agregado fino y grueso se modifican en función de sus propios módulos de fineza, medida indirecta de sus granulometrías y superficies específicas, a partir de la determinación del modulo de fineza de la mejor combinación de agregados para las condiciones planteadas por las especificaciones de obra.

En el método del modulo de fineza de la combinación de los agregados, los contenidos de agregado fino y grueso varían para las diferentes resistencias, siendo esta variación función principalmente de la relación agua-cemento y del contenido total de agua, expresados a través del contenido de cemento de la mezcla.

Este método tiene como consideración fundamental, además de lo ya expresado, la premisa de que el modulo de fineza del agregado, fino o grueso, es un índice de la superficie específica y en la medida que esta aumenta se incrementa la demanda de pasta, así como que si se mantiene constante la pasta y se incrementa la fineza del agregado disminuye la resistencia por adherencia.

Como consecuencia de las investigaciones realizadas se ha podido establecer una ecuación que relaciona el modulo de fineza de los agregados fino y grueso, así como su participación porcentual en el volumen absoluto total del agregado.



Aplicando dicha ecuación es posible determinar el valor del modulo de fineza de la combinación de agregados mas conveniente para condiciones dadas de mezcla.

Dicha ecuación es:

$$m = r_f m_f + r_g m_g \quad (4.3.1)$$

En el cual:

m : Módulo de fineza de la combinación de los agregados

m_f : Módulo de fineza del agregado fino

m_g : Módulo de fineza del agregado grueso

r_f : Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado

r_g : Porcentaje de agregado grueso en relación al volumen absoluto total de agregado

Del análisis de la ecuación se puede deducir que el modulo de fineza de una combinación de agregados fino y grueso es igual a la suma de los productos de los módulos de fineza de cada ingrediente por la relación del volumen absoluto de cada ingrediente al volumen absoluto de todos los ingredientes.

Aplicando la relación (4.3.1) es posible obtener los valores del modulo de fineza de la combinación de agregados que dan las mejores condiciones de trabajabilidad para diversos contenidos de cemento por metro cúbico de concreto.



Dichos valores están indicados en la tabla 4.3.1.

Tabla 4.3.1 MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS

Tamaño Máximo del Agregado Grueso	Módulo de fineza de la combinación de los agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados				
	5	6	7	8	9
3/8"	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

Es importante señalar que los valores de la tabla están referidos a agregado angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

Se ha establecido que los agregados fino y grueso comprendidos dentro de las especificaciones de la norma ASTM C33 deben producir concretos trabajables, en condiciones ordinarias, cuando el modulo de fineza de la combinación de los agregados se aproxima a los valores de la tabla 4.3.1.

Del análisis de esta tabla se aprecia que es necesario conocer, para determinar el modulo de fineza de la combinación de los agregados, el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el contenido de cemento de la unidad cúbica de concreto.

Es importante igualmente recordar que los valores de la tabla 4.3.1 corresponden a concretos sin aire incorporado y pueden producir buenas mezclas cuando se emplean los métodos de colocación y compactación usuales. Sin embargo, pueden ser sobrearenosas para ser empleadas en pavimentos o en estructuras en



las que se utiliza concreto ciclópeo. Cuando las condiciones de colocación son muy favorables los valores tomados de la tabla 4.3.1 pueden incrementarse hasta 0.2. Igualmente, cuando se ha incorporado aire a la mezcla, el valor tomado de la tabla puede ser incrementado en 0.1 para obtener adecuado beneficio de la incorporación de aire sobre la trabajabilidad.

La proporción de agregado fino, de módulo de fineza conocido, en relación al volumen absoluto total de agregado necesario para de acuerdo a la riqueza de la mezcla, obtener un módulo de fineza determinado en la combinación de agregados puede ser calculada, a partir de la siguiente relación:

$$r_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100 \quad (4.3.2)$$

El valor obtenido de esta ecuación, multiplicado por el volumen absoluto de agregado, nos permite conocer el volumen absoluto de agregado fino. Por diferencia se puede determinar el volumen absoluto de agregado grueso.

Ambos volúmenes absolutos, multiplicados por sus respectivos pesos secos sólidos, permiten calcular los pesos secos por unidad de volumen del concreto, de los agregados fino y grueso.

4.4 ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

Es importante antes de iniciar el diseño de una mezcla de concreto toma en cuenta ciertas consideraciones técnicas que van orientar a obtener una mezcla de concreto que cumpla las expectativas de obra; se debe tomar en cuenta:

- Las condiciones climatológicas del lugar de trabajo.
- Características de los materiales de la zona.



- Tipos de estructuras a trabajar.
- La trabajabilidad de las mezclas para lograr su colocación.
- Equipos y métodos de colocación del concreto.
- Calidad de los diferentes tipos de concreto a utilizar.
- Control de calidad del concreto.
- Condiciones de trabajo de las estructuras.
- Condición de diseños por resistencia o durabilidad.
- Empleo de aditivos para ciertos requerimientos de resistencia, durabilidad, trabajabilidad, contactos con efectos dañinos, uso más temprano de las estructuras, traslado a distancia del concreto, etc.

4.5. DESARROLLO DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA UTILIZANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS.

4.5.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA LA RELACIÓN A/C = 0.45:

Paso 1: Asentamiento máximo = 4 pulg

Paso 2: Tamaño máximo del A. grueso = 1 pulg

Paso 3: Agua de mezclado = 206 kg/m³

Aire atrapado = 1.5 %

Paso 4: Relación cemento/agua = 0.45

Paso 5: Contenido de cemento = 457.78 kg/m³

Volumen Absoluto de los materiales por m³ de concreto.

Cemento = $457.78 / (3.11 \times 1000)$ = 0.1472 m³

Agua = $206 / 1000$ = 0.2060 m³



$$\text{Aire} = 1.5/1000 = 0.0150 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Absoluto de Agregados} = 1 - (0.1472 + 0.2060 + 0.0150) = 0.6318 \text{ m}^3$$

Cálculo del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados

Los valores para la interpolación están referidos a agregados gruesos de perfil angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

Interpolando: (Fuente: "Tecnología del Concreto" de Flavio Abanto castillo, tabla N° 12, pagina N° 81)

$$425.00 \quad 5.56$$

$$457.78 \quad m$$

$$467.50 \quad 5.64$$

De donde:

$$m = 5.62$$

$$m = 5.62 - ((47.5 - 35)/5) \times 0.1 = 5.37 \text{ (Corregido por Cantidad de Vacíos)}$$

Cálculo del Valor del Porcentaje de Agregado Fino:

$$r_f = (7.333 - 5.37)/(7.333 - 2.988) \times 100 = 45.1 \%$$

$$r_g = 100 - 45.1 = 54.9 \%$$

Cálculo de los Volúmenes Absolutos de Agregados:

$$\text{Agregado Fino} = 0.6318 \times 45.1 = 0.2852 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.6318 \times 54.9 = 0.3466 \text{ m}^3$$

Peso Seco de los Materiales por m³ de Concreto.

$$\text{Cemento} = 457.8 \text{ kg.}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil
“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

$$A. \text{ Fino} = 0.2852 \times 2.69 \times 1000 = 767.2 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ Grueso} = 0.3466 \times 2.89 \times 1000 = 1001.7 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua de diseño} = 0.2060 \times 1000 = 206.0 \text{ lt.}$$

Peso Húmedo de los Materiales por m³ de Concreto.

$$\text{Cemento} = 457.8 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ Fino} = 767.20 \times (1+0.30/100) = 769.6 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ Grueso} = 1001.7 \times (1+0.18/100) = 1003.5 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua Efect.} = 206 - ((0.31-1.15)/100 \times 767.2 + (0.18-0.54)/100 \times 1001.7) = 216.1 \text{ lt}$$

Dosificación en Peso en Obra: (Húmedos)

$$\text{Cemento} = 457.80 / 457.80 = 1.00$$

$$A. \text{ Fino} = 769.60 / 457.80 = 1.68$$

$$A. \text{ Grueso} = 1003.5 / 457.80 = 2.19$$

$$\text{Agua Efectiva} = 216.1 / 457.80 = 0.47$$

Volúmenes Aparentes de los Materiales: (Húmedos)

$$\text{Cemento} = 457.8 / 42.5 = 10.77 \text{ P}^3$$

$$A. \text{ Fino} = 769.6 / 1670 \times 35.315 = 16.27 \text{ P}^3$$

$$A. \text{ Grueso} = 1003.5 / 1347 \times 35.315 = 26.31 \text{ P}^3$$

$$\text{Agua Efectiva} = 216 / 1000 \times 35.315 = 7.63 \text{ P}^3$$

Dosificación en Volumen en obra: (Húmedos)

$$\text{Cemento} = 10.77 / 10.77 = 1.00 \text{ P}^3$$

$$A. \text{ Fino} = 16.27 / 10.77 = 1.51 \text{ P}^3$$

$$A. \text{ Grueso} = 26.31 / 10.77 = 2.44 \text{ P}^3$$

$$\text{Agua Efectiva} = 7.63 / 10.77 = 0.71 \text{ P}^3$$



4.5.2 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA LA RELACIÓN A/C = 0.50:

Paso 1: Asentamiento máximo = 4 pulg

Paso 2: Tamaño máximo del A. grueso = 1 pulg

Paso 3: Agua de mezclado = 206 kg/m³

Aire atrapado = 1.5 %

Paso 4: Relación cemento/agua = 0.50

Paso 5: Contenido de cemento = 412.00 kg/m³

Volumen Absoluto de los materiales por m³ de concreto.

Cemento = $412.00 / (3.11 \times 1000) = 0.1325 \text{ m}^3$

Agua = $206 / 1000 = 0.2060 \text{ m}^3$

Aire = $1.5 / 1000 = 0.0150 \text{ m}^3$

Vol. Absoluto de Agregados = $1 - (0.1325 + 0.2060 + 0.0150) = 0.6465 \text{ m}^3$

Cálculo del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados

Los valores para la interpolación están referidos a agregados gruesos de perfil angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

Interpolando: (Fuente: "Tecnología del Concreto" de Flavio Abanto castillo, tabla N° 12, pagina N° 81)

389.00 5.50

412.00 m

425.00 5.56



De donde:

$$m = 5.54$$

$$m = 5.54 - ((47.5 - 35)/5) \times 0.1 = 5.29 \text{ (Corregido por Cantidad de Vacíos)}$$

Cálculo del Valor del Porcentaje de Agregado Fino:

$$r_f = (7.333 - 5.29)/(7.333 - 2.988) \times 100 = 47.1 \%$$

$$r_g = 100 - 47.1 = 52.9 \%$$

Cálculo de los Volúmenes Absolutos de Agregados:

$$\text{Agregado Fino} = 0.6465 \times 47.1 = 0.3042 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.6465 \times 52.9 = 0.3423 \text{ m}^3$$

Peso Seco de los Materiales por m³ de Concreto.

$$\text{Cemento} = 412.0 \text{ kg.}$$

$$\text{A. Fino} = 0.3042 \times 2.69 \times 1000 = 818.3 \text{ kg.}$$

$$\text{A. Grueso} = 0.3423 \times 2.89 \times 1000 = 989.3 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua de diseño} = 0.2060 \times 1000 = 206.0 \text{ lt.}$$

Peso Húmedo de los Materiales por m³ de Concreto.

$$\text{Cemento} = 412.0 \text{ kg.}$$

$$\text{A. Fino} = 818.30 \times (1 + 0.30/100) = 820.9 \text{ kg.}$$

$$\text{A. Grueso} = 989.30 \times (1 + 0.18/100) = 991.1 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 206 - ((0.31 - 1.15)/100 \times 818.3 + (0.18 - 0.54)/100 \times 989.3) = 216.4 \text{ lt}$$

Dosificación en Peso en Obra: (Húmedos)

$$\text{Cemento} = 412.00 / 412.00 = 1.00$$

$$\text{A. Fino} = 820.90 / 412.00 = 1.99$$

$$\text{A. Grueso} = 991.10 / 412.00 = 2.41$$

$$\text{Agua Efectiva} = 216.40 / 412.00 = 0.53$$



Volúmenes Aparentes de los Materiales: (Húmedos)

$$\text{Cemento} = 412.00/42.5 = 10.77 \text{ P}^3$$

$$\text{A. Fino} = 820.9/1670 \times 35.315 = 17.36 \text{ P}^3$$

$$\text{A. Grueso} = 991.10/1347 \times 35.315 = 25.98 \text{ P}^3$$

$$\text{Agua Efectiva} = 216.4/1000 \times 35.315 = 7.64 \text{ P}^3$$

Dosificación en Volumen en obra: (Húmedos)

$$\text{Cemento} = 10.77/10.77 = 1.00 \text{ P}^3$$

$$\text{A. Fino} = 17.36/10.77 = 1.79 \text{ P}^3$$

$$\text{A. Grueso} = 25.98/10.77 = 2.68 \text{ P}^3$$

$$\text{Agua Efectiva} = 7.64/10.77 = 0.79 \text{ P}^3$$

4.5.3 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA LA RELACIÓN A/C = 0.60:

Paso 1: Asentamiento máximo = 4 pulg

Paso 2: Tamaño máximo del A. grueso = 1 pulg

Paso 3: Agua de mezclado = 206 kg/m³

Aire atrapado = 1.5 %

Paso 4: Relación cemento/agua = 0.60

Paso 5: Contenido de cemento = 343.33 kg/m³

Volumen Absoluto de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 343.33/(3.11 \times 1000) = 0.1104 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 206/1000 = 0.2060 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 1.5/1000 = 0.0150 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Absoluto de Agregados} = 1 - (0.1104 + 0.2060 + 0.0150) = 0.6686 \text{ m}^3$$



Cálculo del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados

Los valores para la interpolación están referidos a agregados gruesos de perfil angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

Interpolando: (Fuente: “Tecnología del Concreto” de Flavio Abanto castillo, tabla N° 12, pagina N° 81)

340.00	5.41
343.33	m
382.50	5.49

De donde:

$$m = 5.42$$

$$m = 5.42 - ((47.5 - 35)/5) \times 0.1 = 5.17 \text{ (Corregido por Cantidad de Vacíos)}$$

Cálculo del Valor del Porcentaje de Agregado Fino:

$$r_f = (7.333 - 5.17)/(7.333 - 2.988) \times 100 = 49.9 \%$$

$$r_g = 100 - 49.1 = 50.1 \%$$

Cálculo de los Volúmenes Absolutos de Agregados:

$$\text{Agregado Fino} = 0.6686 \times 49.9 = 0.3334 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.6686 \times 50.1 = 0.3352 \text{ m}^3$$

Peso Seco de los Materiales por m³ de Concreto.

$$\text{Cemento} = 343.33 \text{ kg.}$$

$$\text{A. Fino} = 0.3334 \times 2.69 \times 1000 = 896.90 \text{ kg.}$$

$$\text{A. Grueso} = 0.3352 \times 2.89 \times 1000 = 968.70 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua de diseño} = 0.2060 \times 1000 = 206.00 \text{ lt.}$$



Peso Húmedo de los Materiales por m³ de Concreto.

Cemento = 343.33 kg.

A. Fino = $896.90 \times (1+0.30/100) = 899.70$ kg.

A. Grueso = $968.70 \times (1+0.18/100) = 970.40$ kg.

Agua Efectiva = $206 - ((0.31-1.15)/100 \times 896.9 + (0.18-0.54)/100 \times 968.7) = 217.0$ lt

Dosificación en Peso en Obra: (Húmedos)

Cemento = $343.33 / 343.33 = 1.00$

A. Fino = $899.70 / 343.33 = 2.62$

A. Grueso = $970.40 / 343.33 = 2.83$

Agua Efectiva = $217.00 / 343.33 = 0.63$

Volúmenes Aparentes de los Materiales: (Húmedos)

Cemento = $343.33 / 42.5 = 8.08$ P³

A. Fino = $899.70 / 1670 \times 35.315 = 19.03$ P³

A. Grueso = $970.40 / 1347 \times 35.315 = 25.44$ P³

Agua Efectiva = $217.00 / 1000 \times 35.315 = 7.66$ P³

Dosificación en Volumen en obra: (Húmedos)

Cemento = $8.08 / 8.08 = 1.00$ P³

A. Fino = $19.03 / 8.08 = 2.36$ P³

A. Grueso = $25.44 / 8.08 = 3.15$ P³

Agua Efectiva = $7.66 / 8.08 = 0.95$ P³



4.6. CUADRO RESUMEN DE LAS DOSIFICACIONES DE AGREGADO EMPLEADAS EN LA PREPARACION DE LAS PROBETAS DE LAS DIFERENTES RELACIONES A/C.

A) DOSIFICACIÓN EN PESO (HÚMEDOS)

a/c	Cemento	Arena	Piedra	Agua Efectiva
0.45	1	1.68	2.19	0.47
0.50	1	1.99	2.41	0.53
0.60	1	2.62	2.83	0.63

B) DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN (HÚMEDOS)

a/c	Cemento	Arena	Piedra	Agua Efectiva
0.45	1	1.51	2.44	0.71
0.50	1	1.79	2.68	0.79
0.60	1	2.36	3.15	0.95

Fuente tablas A, B : Diseño de tesis en laboratorio UNS

4.7. ENSAYOS DE LABORATORIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

4.7.1. TRABAJABILIDAD Y CONSISTENCIA

La trabajabilidad es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones. La consistencia esta asociada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Usualmente la consistencia de una mezcla se mide por el grado de asentamiento de la misma. Corresponden los menores asentamientos a las mezclas más secas y los mayores a las consistencias fluidas.

Como no existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad, generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia, los cuales vemos a continuación resumidos en el siguiente cuadro:



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

Relación a/c	Slump (pulg)	Trabajabilidad	Cant. Agua (Lts/m ³)
0.45	4"	Trabajable	205.00
0.50	4"	Trabajable	205.00
0.60	4"	Trabajable	205.00

La cantidad de agua ha sido corregida de 195 lt/m³ a 205 lt/m³, esto con el fin de obtener el revenimiento o slump plástico de 4", siguiendo la sugerencia del Dr. Enrique Rivva Lopez de que para obtener un centímetro ganado de asentamiento debemos agregar 2 lt/m³.

4.7.2. PESO UNITARIO

Se sabe que por estudios de laboratorio y obra se ha demostrado que los concretos preparados con agregados livianos tienen una mejor resistencia al fuego que los preparados con agregado normal (Fuente: Naturaleza y Materiales del Concreto – Enrique Rivva López, Capítulo 5 pag 221).

El presente informe trata con agregados normales ya que son los que prácticamente se usan en la construcción en Chimbote. Los resultados del siguiente cuadro demuestran lo dicho:

Relación a/c	P. U. S. (Kg/m ³)	P. U. C. (Kg/m ³)	Factor de Compactación
0.45	2215	2405	0.921
0.50	2244	2435	0.921
0.60	2283	2478	0.921

Fuente: Ensayo Realizado por Tesistas



CAPITULO V

5.1 PROCESO DE QUEMADO

El quemado de un elemento de concreto es el proceso de degradación de sus propiedades mecánicas y físicas debido a la acción del fuego. Este proceso se produce cuando el elemento está sometido a una temperatura ambiente superior a la temperatura ambiente normal (20°C). El quemado de un elemento de concreto se produce cuando el elemento está sometido a una temperatura ambiente superior a la temperatura ambiente normal (20°C).

CAPITULO V

PROCESO DE QUEMADO DE LAS PROBETAS A DIFERENTES TEMPERATURAS: 300°C, 400°C, 600°C Y 800°C.

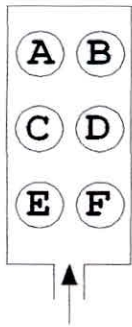
La variación de resistencia mecánica que ocurre durante el quemado de un elemento de concreto depende de la temperatura a la que se somete el elemento. Las pruebas de quemado de probetas de concreto se realizan a diferentes temperaturas: 300°C, 400°C, 600°C y 800°C. El objetivo de este capítulo es estudiar el comportamiento de las probetas de concreto sometidas a diferentes temperaturas de quemado. La investigación se realizó en un horno de quemado a diferentes temperaturas y se midió la resistencia mecánica de las probetas antes y después de quemadas.



I. PROCESO DE QUEMADO DE LAS PROBETAS A LOS 300°C DE TEMPERATURA POR RELACIÓN a/c:

A.- RELACIÓN AGUA CEMENTO a / c = 0.60

1era tanda de quema a 300 °C, especificando el tiempo alcanzado.

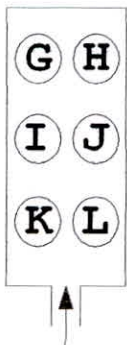


	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
A	13.387	13.177	1.57	14.95	15.10	30.00	30.20
B	13.400	13.205	1.46	15.10	15.10	30.00	30.10
C	13.350	13.100	1.87	15.00	15.05	30.10	30.00
D	13.860	13.620	1.73	15.00	15.10	30.20	30.10
E	13.920	13.620	2.16	15.30	15.35	30.30	30.20
F	13.300	13.105	1.47	15.15	15.20	30.50	30.40

Datos de quema

Hora	T °
08:00:00 a.m.	
08:20:00 a.m.	220°
09:30:00 a.m.	300°

2da tanda de quema a 300 °C, especificando el tiempo alcanzado



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
G	13.430	13.130	2.23	15.30	13.130	30.50	30.40
H	13.880	13.730	1.08	15.20	13.730	30.30	30.20
I	13.480	13.430	0.37	15.10	13.430	30.00	30.10
J	13.675	13.500	1.28	15.00	13.500	30.10	30.00
K	13.600	13.450	1.10	15.00	13.450	30.00	30.05
L	13.750	13.600	1.09	15.10	13.600	30.20	30.30

Datos de quema

Hora	T °
01:30:00 p.m.	
01:40:00 p.m.	125°
02:00:00 p.m.	300°



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

3era tanda de quema a 300 °C, especificando el tiempo alcanzado.



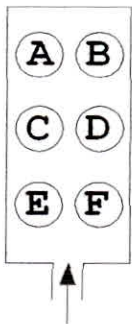
	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
M	13.780	13.200	4.21	15.30	13.200	30.30	30.25
N	13.860	13.710	1.08	15.00	13.710	30.00	30.05
Ñ	13.710	13.615	0.69	15.00	13.615	30.00	30.10
O	13.560	13.462	0.72	15.00	13.462	30.00	30.05
P	13.850	13.730	0.87	15.10	13.730	30.20	30.10
Q	13.690	13.545	1.06	15.00	13.545	30.10	30.15

Datos de quema

Hora	T °
05:30:00 p.m.	
05:35:00 p.m.	45°
06:05:00 p.m.	300°

B.- RELACIÓN AGUA CEMENTO $a / c = 0.50$

1era tanda de quema a 300 °C, especificando el tiempo alcanzado:



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	inicial	Final
A	14.250	14.165	0.60	15.30	15.50	30.70	30.50
B	13.569	13.444	0.92	15.10	15.10	30.40	30.35
C	13.900	13.748	1.09	15.40	15.40	30.40	30.40
D	13.713	13.535	1.30	15.10	15.05	30.10	30.05
E	13.890	13.674	1.56	15.00	15.10	30.20	30.30
F	13.730	13.480	1.82	15.00	15.05	30.00	30.05

Datos de quema

Hora	T °
09:00:00 a.m	
09:15:00 a.m	105°
09:30:00 a.m	300°

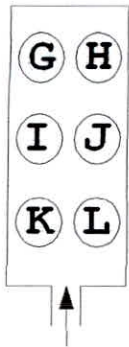


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

2da. Tanda de Quema 300 °C, especificando el tiempo alcanzado.

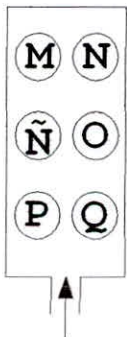


	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
G	13.740	13.681	0.43	15.00	15.10	30.00	30.10
H	13.870	13.785	0.61	15.05	15.10	30.60	30.65
I	13.380	13.254	0.94	15.10	15.20	30.20	30.30
J	14.095	13.845	1.77	15.00	15.05	30.10	30.10
K	13.971	13.713	1.85	15.10	15.10	30.05	30.10
L	13.736	13.601	0.98	15.15	15.10	30.15	30.20

Datos de quema

Hora	T °
1:00:00 p.m	
1:12:00 p.m	105°
1:35:00 p.m	300°

3era Tanda de quema de 300 °C, especificando tiempo alcanzado.:



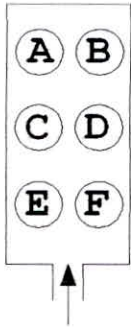
	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
M	13.742	13.675	0.49	15.30	15.50	30.70	30.50
N	13.952	13.854	0.70	15.10	15.10	30.40	30.35
Ñ	13.889	13.879	0.07	15.40	15.40	30.40	30.40
O	14.015	13.873	1.01	15.10	15.05	30.10	30.05
P	13.979	13.760	1.57	15.00	15.10	30.20	30.30
Q	13.738	13.373	2.66	15.00	15.05	30.00	30.05

Hora	T °
04:00:00 p.m	
04:15:00 p.m	90°
04:35:00 p.m	300°



C.- RELACIÓN AGUA CEMENTO $a/c = 0.45$

1era tanda de quema a 300°C, especificando el tiempo alcanzado.



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
A	13.497	13.433	0.47	15.10	15.20	30.40	30.46
B	13.700	13.634	0.48	15.00	15.15	30.40	30.25
C	14.132	14.054	0.55	15.20	15.30	31.00	30.80
D	13.787	13.712	0.54	15.50	15.10	30.70	30.50
E	13.650	13.621	0.21	15.05	15.00	30.60	30.65
F	13.677	13.638	0.29	15.10	15.10	30.50	30.40

Datos de quema

Hora	T °
09:00:00 a.m	
09:15:00 a.m	105°
09:30:00 a.m	300°

2da tanda de quema a 300 °C, especificando el tiempo alcanzado



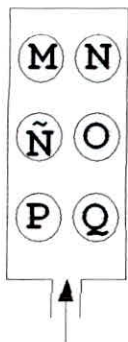
	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
G	13.715	13.651	0.47	15.00	15.05	30.10	30.15
H	14.139	14.071	0.48	15.00	15.00	30.00	30.05
I	13.890	13.862	0.20	15.10	15.05	30.10	30.05
J	13.656	13.577	0.58	15.15	15.15	30.00	30.00
K	13.792	13.700	0.67	15.10	15.10	30.05	30.05
L	14.095	14.071	0.17	15.20	15.25	30.10	30.10

Datos de quema

Hora	T °
1:00:00 p.m	
1:12:00 p.m	95°
1:35:00 p.m	300°



3era tanda de quema a 300 °C, especificando el tiempo alcanzado.



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
M	13.900	13.873	0.19	15.10	15.10	30.10	30.15
N	13.750	13.700	0.36	15.05	15.05	30.00	30.00
Ñ	13.689	13.623	0.48	15.00	15.05	30.50	30.40
O	14.015	13.948	0.48	15.05	15.10	30.10	30.10
P	14.000	13.832	1.20	15.00	15.00	30.50	30.60
Q	13.890	13.634	1.84	15.50	15.40	30.15	30.10

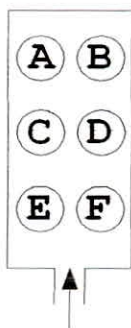
Datos de quema

Hora	T °
04:00:00 p.m	
04:15:00 p.m	90°
04:35:00 p.m	300°

II. PROCESO DE QUEMADO DE LAS PROBETAS A LOS 400°C DE TEMPERATURA POR RELACION a/c:

A) RELACIÓN AGUA CEMENTO a/c = 0.60

1era tanda de quema a 400 °C, especificando el tiempo alcanzado.



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
A	13.738	13.489	1.81	15.00	15.10	30.30	30.35
B	13.580	13.560	0.15	14.80	14.90	30.10	30.15
C	14.065	13.893	1.22	15.20	15.30	30.00	30.10
D	14.129	13.992	0.97	15.30	15.40	30.20	30.20
E	13.560	13.391	1.25	14.80	14.70	30.50	30.50
F	13.830	13.600	1.66	14.90	14.95	30.10	30.10

Datos de quema

Hora	T °
09:00:00 a.m	
09:15:00 a.m	105°
09:50:00 a.m	400°



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

2da tanda de quema a 400 °C, especificando el tiempo alcanzado

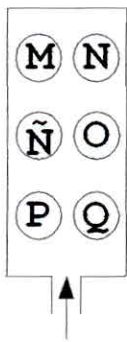


	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
G	13.746	13.497	1.81	15.10	15.10	30.10	30.15
H	13.581	13.189	2.89	15.05	15.05	30.00	30.00
I	14.068	13.896	1.22	15.00	15.05	30.50	30.40
J	14.130	13.955	1.24	15.05	15.10	30.10	30.10
K	13.900	13.622	2.00	15.00	15.00	30.50	30.60
L	14.176	13.887	2.04	15.50	15.40	30.15	30.10

Datos de quema

Hora	T °
1:00:00 p.m	
1:30:00 p.m	320°
1:52:00 p.m	400°

3era tanda de quema a 400 °C, especificando el tiempo alcanzado.



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
M	13.864	13.624	1.73	15.10	15.10	30.10	30.15
N	13.851	13.456	2.85	15.05	15.05	30.00	30.00
Ñ	14.120	13.950	1.20	15.00	15.05	30.50	30.40
O	14.050	13.858	1.37	15.05	15.10	30.10	30.10
P	13.980	13.571	2.93	15.00	15.00	30.50	30.40
Q	14.030	13.614	2.97	15.50	15.40	30.15	30.15

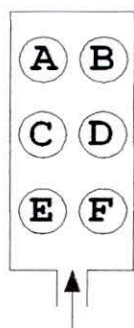
Datos de quema

Hora	T °
04:00:00 p.m	
04:25:00 p.m	210°
04:50:00 p.m	400°



B) RELACIÓN AGUA CEMENTO a/c = 0.50

1era tanda de quema a 400 °C, especificando el tiempo alcanzado.

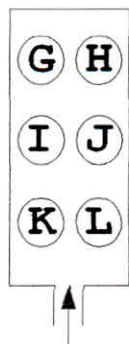


	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
A	13.686	13.550	0.99	14.90	15.00	30.50	30.60
B	13.423	13.300	0.92	15.00	14.90	30.50	30.60
C	14.059	13.890	1.20	15.20	15.25	30.50	30.60
D	14.150	14.014	0.96	15.00	15.00	30.40	30.45
E	14.010	13.887	0.88	15.05	15.10	30.20	30.20
F	13.958	13.795	1.17	15.10	15.15	30.15	30.15

Datos de quema

Hora	T °
09:00:00 a.m	
09:15:00 a.m	105°
09:48:00 a.m	400°

2da tanda de quema a 400 °C, especificando el tiempo alcanzado



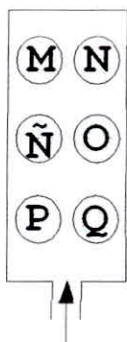
	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
G	13.970	13.838	0.95	15.05	15.10	30.05	30.10
H	13.685	13.329	2.60	15.05	15.05	30.00	30.00
I	13.875	13.500	2.70	15.00	15.00	30.20	30.25
J	14.058	13.800	1.84	15.05	15.10	30.10	30.10
K	13.670	13.281	2.85	15.00	15.00	30.50	30.40
L	13.852	13.374	3.45	15.50	15.50	30.00	30.00

Datos de quema

Hora	T °
1:00:00 p.m	
1:25:00 p.m	240°
1:45:00 p.m	400°



3era tanda de quema a 400 °C, especificando el tiempo alcanzado.



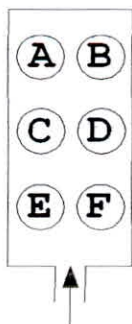
	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
M	14.050	13.914	0.97	15.10	15.10	30.10	30.10
N	13.950	13.781	1.21	15.05	15.05	30.00	30.05
Ñ	13.802	13.679	0.89	15.00	15.00	30.50	30.40
O	13.900	13.775	0.90	15.05	15.10	30.10	30.15
P	13.840	13.704	0.98	15.00	15.00	30.50	30.40
Q	13.842	13.705	0.99	15.50	15.50	30.15	30.20

Datos de quema

Hora	T°
04:00:00 p.m	
04:35:00 p.m	370°
04:50:00 p.m	410°

C) RELACIÓN AGUA CEMENTO $a/c = 0.45$

1era tanda de quema a 400 °C, especificando el tiempo alcanzado.



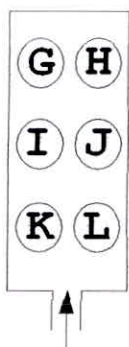
	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
A	13.896	13.838	0.42	15.10	15.20	30.60	30.60
B	13.700	13.427	1.99	15.05	15.10	30.60	30.60
C	13.112	13.058	0.41	15.05	15.00	30.25	30.30
D	13.760	13.702	0.42	15.00	15.00	30.10	30.15
E	13.925	13.859	0.47	15.15	15.10	30.15	30.20
F	13.842	13.770	0.52	15.00	15.10	30.30	30.30

Datos de quema

Hora	T°
09:00:00 a.m	
09:20:00 a.m	140°
09:46:00 a.m	400°



2da tanda de quema a 400°C, especificando el tiempo alcanzado

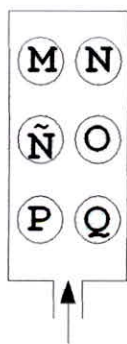


	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
G	13.894	13.794	0.72	15.10	15.15	30.30	30.30
H	13.500	13.400	0.74	15.05	15.10	30.00	30.00
I	13.940	13.860	0.57	15.00	15.05	30.50	30.40
J	13.190	13.101	0.67	15.05	15.10	30.10	30.10
K	13.645	13.632	0.10	15.00	15.00	30.50	30.60
L	13.824	13.726	0.71	15.50	15.50	30.15	30.15

Datos de quema

Hora	T °
1:00:00 p.m	
1:12:00 p.m	105
1:40:00 p.m	400°

3era tanda de quema a 400 °C, especificando el tiempo alcanzado.



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
M	13.487	13.387	0.74	15.05	15.10	30.10	30.10
N	13.654	13.605	0.36	15.05	15.05	30.00	30.00
Ñ	13.542	13.499	0.32	15.00	15.05	30.50	30.40
O	13.657	13.600	0.42	15.10	15.10	30.10	30.10
P	13.542	13.492	0.37	15.00	15.00	30.50	30.55
Q	13.569	13.450	0.88	15.50	15.50	30.15	30.10

Datos de quema

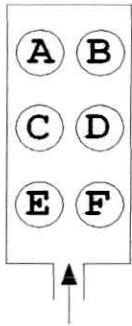
Hora	T °
04:00:00 p.m	
04:15:00 p.m	90°
04:48:00 p.m	420°



III. PROCESO DE QUEMADO DE LAS PROBETAS A 600°C DE TEMPERATURA POR RELACION a/c:

A) RELACIÓN AGUA CEMENTO a/c = 0.60

1era tanda de quema a 600 °C, especificando el tiempo alcanzado.

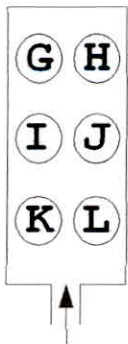


	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
A	14.157	13.890	1.89	15.30	15.40	30.50	30.55
B	13.175	12.270	6.87	15.00	15.10	30.40	30.50
C	13.400	12.650	5.60	15.00	15.00	30.30	30.35
D	13.350	12.550	5.99	15.20	15.20	30.15	30.15
E	13.300	12.390	6.84	15.05	15.10	30.05	30.00
F	13.860	12.995	6.24	15.00	15.00	30.00	30.00

Datos de quema

Hora	T °
07:00:00 a.m	
07:50:00 a.m	480°
08:05:00 a.m	600°

2da tanda de quema a 600 °C, especificando el tiempo alcanzado



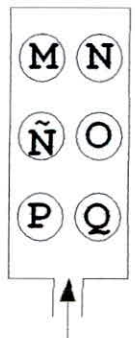
	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
G	13.250	12.360	6.72	15.30	15.35	30.50	30.40
H	13.300	12.395	6.80	15.20	15.20	30.20	30.20
I	13.920	13.100	5.89	15.10	15.20	30.00	30.10
J	13.430	12.400	7.67	15.00	15.00	30.10	30.00
K	13.250	12.495	5.70	15.00	15.10	30.00	30.05
L	13.880	12.820	7.64	15.10	15.20	30.20	30.30

Datos de quema

Hora	T °
1:00:00 p.m	
1:35:00 p.m	380°
1:55:00 p.m	590°



3era tanda de quema a 600 °C, especificando el tiempo alcanzado.



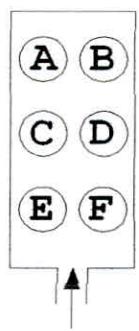
	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
M	13.090	12.200	6.80	15.10	15.15	30.15	30.15
N	13.250	12.320	7.02	15.05	15.10	30.60	30.60
Ñ	13.060	12.120	7.20	15.05	15.00	30.25	30.30
O	13.150	12.950	1.52	15.00	15.00	30.10	30.15
P	13.260	12.480	5.88	15.15	15.10	30.15	30.10
Q	13.760	12.990	5.60	15.00	15.10	30.20	30.30

Datos de quema

Hora	T °
05:00:00 p.m	
05:45:00 p.m	510°
06:15:00 p.m	600°

B) RELACIÓN AGUA CEMENTO $a/c = 0.50$

1era tanda de quema a 600 °C, especificando el tiempo alcanzado.



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
A	13.813	13.532	2.03	15.10	15.30	30.60	30.65
B	13.546	12.511	7.64	15.10	15.20	30.50	30.80
C	13.754	12.954	5.82	15.00	15.20	30.20	30.50
D	13.733	12.347	10.09	15.30	15.30	30.30	30.50
E	13.854	13.100	5.44	15.00	15.05	30.30	30.25
F	13.540	12.950	4.36	15.15	15.20	30.10	30.10

Datos de quema

Hora	T °
07:30:00 a.m	
08:20:00 a.m	480°
08:35:00 a.m	600°

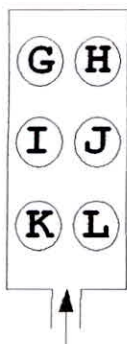


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

2da tanda de quema a 600 °C, especificando el tiempo alcanzado

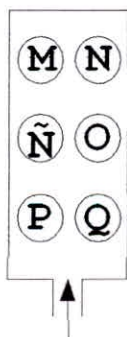


	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
G	13.520	12.720	5.92	15.30	15.35	30.50	30.40
H	14.010	13.206	5.74	15.20	15.20	30.20	30.20
I	14.120	13.206	6.47	15.10	15.20	30.00	30.10
J	13.950	13.098	6.11	15.00	15.00	30.10	30.00
K	13.500	12.677	6.10	15.00	15.10	30.00	30.05
L	13.650	12.834	5.98	15.10	15.20	30.20	30.30

Datos de quema

Hora	T °
1:00:00 p.m	
1:12:00 p.m	110°
2:15:00 p.m	600°

3era tanda de quema a 600°c, especificando el tiempo alcanzado.



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
M	13.860	13.04	5.89	15.10	15.00	30.10	30.10
N	13.940	13.06	6.31	15.10	15.20	30.50	30.80
Ñ	13.650	12.75	6.59	15.00	15.20	30.20	30.50
O	13.540	12.64	6.65	15.00	15.00	30.00	30.10
P	13.750	12.97	5.67	15.00	15.05	30.30	30.25
Q	13.940	13.08	6.17	15.15	15.10	30.10	30.15

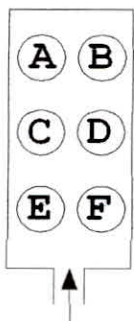
Datos de quema

Hora	T °
04:00:00 p.m	
04:35:00 p.m	320°
05:15:00 p.m	600°



C) RELACIÓN AGUA CEMENTO $a/c = 0.45$

1era tanda de quema a 600 °C, especificando el tiempo alcanzado.

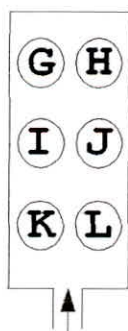


	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
A	14.065	12.923	8.12	15.00	15.10	30.60	30.75
B	13.537	13.362	1.29	15.10	15.2	30.30	30.30
C	13.580	12.880	5.15	15.00	15.20	30.20	30.50
D	13.860	13.119	5.35	15.00	15.00	30.00	30.10
E	13.562	12.837	5.35	15.00	15.05	30.30	30.25
F	13.589	12.879	5.22	15.10	15.10	30.10	30.10

Datos de quema

Hora	T °
08:00:00 a.m	
08:25:00 a.m	290°
09:30:00 a.m	600°

2da tanda de quema a 600 °C, especificando el tiempo alcanzado



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
G	13.752	13.710	0.31	15.00	15.00	30.10	30.05
H	13.854	13.144	5.12	15.05	15.05	30.00	30.00
I	13.925	13.224	5.03	15.00	15.05	30.50	30.40
J	13.643	12.943	5.13	15.05	15.10	30.10	30.10
K	13.800	13.099	5.08	15.00	15.00	30.50	30.60
L	13.590	12.864	5.34	15.50	15.40	30.15	30.15

Datos de quema

Hora	T °
1:00:00 p.m	
1:12:00 p.m	105°
2:05:00 p.m	600°



3era tanda de quema a 600 °C, especificando el tiempo alcanzado.



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
M	14.125	13.377	5.30	14.95	15.00	30.00	30.05
N	14.015	13.279	5.25	15.10	15.10	30.00	30.00
Ñ	13.985	13.279	5.05	15.00	15.05	30.10	30.00
O	13.971	13.269	5.02	15.00	15.10	30.20	30.10
P	13.820	13.100	5.21	15.30	15.35	30.30	30.20
Q	13.980	13.266	5.11	15.15	15.20	30.50	30.40

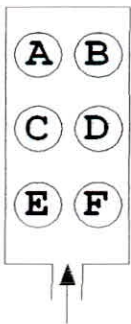
Datos de quema

Hora	T °
04:20:00 p.m	
04:45:00 p.m	240°
05:25:00 p.m	600°

IV. PROCESO DE QUEMADO DE LAS PROBETAS A 800°C DE TEMPERATURA POR RELACION a/c:

A) RELACIÓN AGUA CEMENTO a/c = 0.60

1era tanda de quema a 800 °C, especificando el tiempo alcanzado.



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
A	13.387	12.230	8.64	14.80	14.60	30.60	30.40
B	13.950	12.950	7.17	14.90	14.30	30.60	28.90
C	14.157	13.162	7.03	15.30	15.30	30.50	30.30
D	13.950	13.000	6.81	15.10	15.10	30.30	30.20
E	13.826	12.926	6.51	15.00	15.00	30.10	30.15
F	13.792	12.847	6.85	15.10	15.15	30.00	30.00

Datos de quema

Hora	T °
09:00:00 a.m	
09:45:00 a.m	480°
11:05:00 a.m	800°

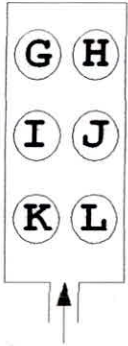


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

2da tanda de quema a 800 °C, especificando el tiempo alcanzado



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
G	14.120	13.122	7.07	15.30	15.50	30.70	30.50
H	14.085	13.088	7.08	15.10	15.10	30.40	30.35
I	13.972	12.975	7.14	15.40	15.40	30.40	30.40
J	13.598	12.599	7.35	15.10	15.05	30.10	30.05
K	13.950	12.95	7.17	15.00	15.10	30.20	30.30
L	13.850	12.85	7.22	15.00	15.05	30.00	30.05

Datos de quema

Hora	T°
3:30:00 p.m	
4:12:00 p.m	590°
5:35:00 p.m	800°

3era tanda de quema a 800 °C, especificando el tiempo alcanzado.



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
M	13.580	12.585	7.33	15.00	15.00	30.10	30.10
N	13.672	12.673	7.31	15.10	15.10	30.40	30.35
Ñ	13.950	12.952	7.15	15.20	15.20	30.30	30.30
O	13.540	12.543	7.36	15.10	15.15	30.10	30.10
P	13.950	12.95	7.17	15.00	15.10	30.20	30.30
Q	13.692	12.692	7.30	15.00	15.10	30.00	30.00

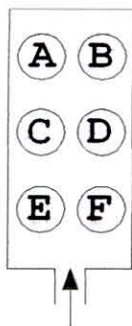
Datos de quema

Hora	T°
10:00:00 p.m	
11:25:00 p.m	650°
12:15:00 p.m	800°



B) RELACIÓN AGUA CEMENTO $a/c = 0.50$

1era tanda de quema a 800 °C, especificando el tiempo alcanzado.

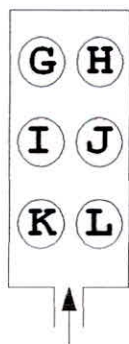


	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
A	13.729	12.856	6.36	15.10	15.10	30.50	30.50
B	13.66	12.728	6.81	15.10	15.10	30.40	30.35
C	13.46	12.509	7.06	15.40	15.35	30.00	30.00
D	13.57	12.674	6.63	15.00	15.05	30.10	30.05
E	13.58	12.621	7.07	15.00	15.10	30.20	30.30
F	13.54	12.602	6.94	15.00	15.00	30.00	30.00

Datos de quema

Hora	T °
09:00:00 a.m	
10:20:00 a.m	610°
12:30:00 a.m	800°

2da tanda de quema a 800 °C, especificando el tiempo alcanzado



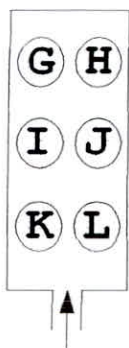
	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
G	13.982	13.032	6.79	15.10	15.05	30.40	30.40
H	13.574	12.624	7.00	15.05	15.10	30.40	30.35
I	13.650	12.720	6.81	15.00	15.00	30.00	30.10
J	13.941	12.991	6.81	15.10	15.05	30.10	30.05
K	13.850	12.901	6.85	15.00	15.00	30.20	30.30
L	13.640	12.690	6.96	15.00	15.05	30.00	30.05

Datos de quema

Hora	T °
4:00:00 p.m	
5:12:00 p.m	590°
6:05:00 p.m	800°



3era tanda de quema a 800 °C, especificando el tiempo alcanzado.



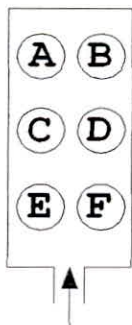
	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
M	13.545	12.645	6.64	15.30	15.30	30.10	30.10
N	13.962	13.057	6.48	15.10	15.10	30.15	30.10
Ñ	13.582	12.667	6.74	15.05	15.10	30.40	30.40
O	13.542	12.622	6.79	15.10	15.10	30.10	30.05
P	13.920	12.970	6.82	15.00	15.10	30.20	30.30
Q	13.642	12.677	7.07	15.00	15.05	30.05	30.05

Datos de quema

Hora	T °
04:00:00 p.m	
05:15:00 p.m	610°
06:15:00 p.m	800°

C) RELACIÓN AGUA CEMENTO $a/c = 0.45$

1era tanda de quema a 800 °C, especificando el tiempo alcanzado.



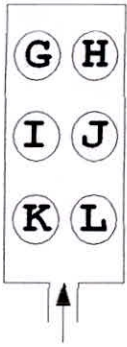
	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
A	14.050	13.259	5.63	15.00	15.20	30.60	30.65
B	14.020	13.170	6.06	15.10	15.20	30.50	30.55
C	14.080	13.190	6.32	15.00	15.10	30.20	30.25
D	13.952	13.082	6.24	15.00	15.00	30.00	30.10
E	13.542	12.642	6.65	14.95	15.05	30.15	30.15
F	13.681	12.791	6.51	15.10	15.15	30.10	30.15

Datos de quema

Hora	T °
09:00:00 a.m	
10:05:00 a.m	550°
12:25:00 p.m.	800°



2da tanda de quema a 800 °C, especificando el tiempo alcanzado

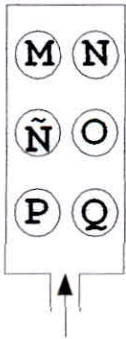


	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
G	14.015	13.215	5.71	15.20	15.20	30.50	30.50
H	13.900	13.090	5.83	15.10	15.15	30.40	30.35
I	13.850	13.033	5.90	15.00	15.00	30.40	30.40
J	13.820	12.961	6.22	15.00	15.05	30.10	30.05
K	13.652	12.783	6.37	15.00	15.00	30.20	30.30
L	13.549	12.650	6.64	15.00	15.00	30.00	30.10

Datos de quema

Hora	T°
4:00:00 p.m	
5:32:00 p.m	680°
6:35:00 p.m	800°

3era tanda de quema a 800 °C, especificando el tiempo alcanzado.



	PESO (Kg)			DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)	
	Inicial	Final	% Perdida	Inicial	Final	Inicial	Final
M	14.015	13.215	5.71	15.00	15.00	30.00	30.00
N	13.892	13.067	5.94	14.95	15.05	30.10	30.10
Ñ	13.547	12.711	6.17	15.30	15.35	30.10	30.15
O	13.762	12.913	6.17	15.10	15.05	30.10	30.05
P	13.640	12.750	6.52	15.00	15.10	30.20	30.30
Q	13.900	13.000	6.47	15.00	15.05	30.00	30.05

Datos de quema

Hora	T°
09:00:00 p.m	
10:45:00 p.m	710°
11:20:00 p.m	800°



Se quemaron 72 probetas para una relación $a/c = 0.60$, 72 probetas para una relación agua /cemento = 0.50, 72 para una relación agua/cemento = 0.45 (subdivididos para cada tipo de relación agua/cemento en: 18 probetas se quemaron a una temperatura de 300° C, 18 a una temperatura de 400° C, 18 a una temperatura de 600C, 18 a una temperatura de 800° C).

Estas temperaturas fueron adoptados en base a los resultados que se obtuvieran de un quema inicial cuyo tiempo fue de 2 h, alcanzando una temperatura promedio de 800° C; se hizo pensando que eran las más apropiadas en este estudio y también basados en investigaciones en que el concreto sufre los daños más significativos a 800° C de temperatura, la cuál es alcanzada en 2 h, aproximadamente.

Como se habrá notado hemos realizado las tandas de quemado de 06 probetas cada una, con lo que tenemos en el caso de la relación agua-cemento $a/c = 0.60$ - 12 tandas de quemado; $a/c = 0.50$ - 12 tandas de quemado; $a/c = 0.45$ - 12 tandas de quemado; a las cuales se les midió la temperatura cada cierto tiempo determinado.



CAPITULO VI

ENSAYOS EN EL LABORATORIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO PATRÓN Y QUEMADO



CAPITULO VI

6.1. CONCRETO PATRÓN

6.1.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f_c) DEL CONCRETO PATRÓN SEGÚN LA NORMA ASTM C-39.

Los ensayos del concreto en estado endurecido son de gran importancia, ya que reflejan la forma como se comporta éste al soportar las cargas que se le aplican, para calcular su resistencia alcanzada

Presentamos a continuación los ensayos respectivos de resistencia a la compresión y de resistencia a la tracción del concreto patrón y del concreto sometido a la acción directa del fuego.

Los ensayos se desarrollan para el concreto patrón, para las relaciones agua-cemento 0.45, 0.50, 0.60. Para este ensayo se ha seguido el procedimiento de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto, expuesto por la norma ASTM C-39. Este ensayo se realiza normalmente cuando los cilindros de prueba tienen una edad de 28 días, pero en nuestro estudio lo hemos realizado en 50 días.



**6.1.1.1 VALORES PROMEDIOS DEL F[']c OBTENIDOS DE LAS ROTURAS DE
PROBETAS DEL CONCRETO PATRÓN SEGÚN SU RELACIÓN a/c.**

A) F[']c Para la Relación a/c = 0.60

TABLA 6.1.1.1-A

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
A	13.738	15.10	178.99	546	55657.49	310.96
B	13.572	15.00	176.63	532	54230.38	307.04
C	13.550	14.90	174.28	528	53822.63	308.83
D	13.579	15.05	177.80	540	55045.87	309.59
E	13.737	15.09	178.75	544	55453.62	310.23
F	13.740	15.00	176.63	532	54230.38	307.04
Promedio =						308.95

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

B) F[']c Para la Relación a/c = 0.50

TABLA 6.1.1.1-B

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
A	13.519	14.90	174.28	610	62181.45	356.79
B	13.754	15.00	176.63	582	59327.22	335.89
C	13.584	15.00	176.63	646	65851.17	372.83
D	13.520	14.90	174.28	612	62385.32	357.96
E	13.620	15.35	184.96	600	61162.08	330.67
F	13.105	15.20	181.37	580	59123.34	325.99
Promedio =						346.69

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



C) F'c Para la Relación a/c = 0.45

TABLA 6.1.1.1-C

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
A	13.619	14.90	174.28	648	66055.05	379.02
B	13.667	14.90	174.28	694	70744.14	405.93
C	13.815	15.20	181.37	720	73394.50	404.68
D	13.491	15.00	176.63	666	67889.91	384.37
E	13.799	15.20	181.37	660	67278.29	370.95
F	13.730	15.00	176.63	650	66258.92	375.14
Promedio =						386.68

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

6.1.1.2 CUADRO RESUMEN DEL F'c PROMEDIO DEL CONCRETO

PATRÓN DE LAS RELACIONES a/c: 0.60, 0.50 Y 0.45.

TABLA 6.1.1.2

RELACIÓN a/c	EDAD (Días)	ESFUERZO COMPRESIÓN kg/cm ²
0.60	50	308.95 (100 %)
0.50	50	346.69 (100 %)
0.45	50	386.68 (100 %)

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



6.1.2 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (f_t) DEL CONCRETO PATRÓN UTILIZANDO LA PRUEBA BRASILEIRA SEGÚN LA NORMA ASTM C – 496-90.

El aumento de temperatura en el concreto produce cambios volumétricos los cuales inducen esfuerzos adicionales, cuando estos esfuerzos superan la resistencia en tracción del concreto se produce la fisuración.

Aunque no ha sido muy utilizado para propósitos de investigación debido a dificultades experimentales, para este ensayo se ha seguido el procedimiento de la resistencia a la tracción por Compresión Diametral, conocido también como prueba brasilera de cilindros de concreto o split-test, que en esencia consiste en someter una probeta de concreto a compresión lineal diametral (cargar lateralmente el cilindro estándar lo largo de sus diámetros hasta que se rompa). Donde las flechas nos indican el sentido de la carga aplicada durante la ruptura. Este ensayo se llevo a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos Y Ensayo De Materiales De La UNS; utilizando para este la Máquina de Compresión: Marca Orión, Modelo Prensa, Tipo Mecánico, Serie PRC O15- O2; además de dos planchas de acero liso estas con el fin de distribuir uniformemente la carga aplicada y cargando lateralmente el cilindro de concreto hasta conseguir la falla de este.

Este ensayo se realizó también a los cincuenta días de edad del concreto.

Presentamos a continuación el promedio de valores obtenido.



**6.1.2.1. VALORES PROMEDIOS DEL F't OBTENIDOS DE LAS
ROTURAS DE PROBETAS DEL CONCRETO PATRÓN SEGÚN
SU RELACIÓN a/c:**

A) F't Para la Relación a/c = 0.60

TABLA 6.1.2.1-A

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
A	13.555	14.90	174.28	228	23241.59	32.60
B	13.950	15.00	176.63	222	22629.97	31.53
C	13.973	15.20	181.37	210	21406.73	29.43
D	13.500	15.00	176.63	205	20897.04	29.11
E	13.799	15.20	181.37	230	23445.46	32.23
F	13.750	15.00	176.63	220	22426.10	31.24
Promedio =						31.02

Fuente: Ensayo realizado por Tesisistas

B) F't Para la Relación a/c = 0.50

TABLA 6.1.2.1-B

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
A	14.270	15.10	178.99	234	23853.21	33.01
B	13.850	15.00	176.63	260	26503.57	36.92
C	13.454	15.00	176.63	228	23241.59	32.38
D	13.491	15.10	178.99	250	25484.20	35.27
E	13.800	15.00	176.63	220	22426.10	31.24
F	13.340	15.50	188.60	228	23241.59	31.33
Promedio =						33.36

Fuente: Ensayo realizado por Tesisistas



C) f'_t Para la Relación $a/c = 0.45$

TABLA 6.1.2.1-C

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
A	13.905	15.00	176.63	245	24974.52	34.79
B	14.370	15.30	183.76	250	25484.20	34.81
C	14.137	15.30	183.76	230	23445.46	32.02
D	14.200	15.20	181.37	255	25993.88	35.74
E	14.237	15.10	178.99	280	28542.30	39.50
F	13.850	15.10	178.99	250	25484.20	35.27
Promedio =						35.35

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

6.1.2.2 CUADRO DE RESUMÉN DEL f'_t DEL CONCRETO PATRÓN DE LAS RELACIONES a/c : 0.60, 0.5 Y 0.45.

TABLA 6.1.2.2

RELACIÓN a/c	EDAD (Días)	ESFUERZO kg/cm ²
0.60	50	31.02
0.50	50	33.36
0.45	50	35.35

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



6.2. CONCRETO QUEMADO

6.2.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'_c DEL CONCRETO

SOMETIDO A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO.

Para el ensayo de rotura se ha seguido el procedimiento de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto, expuesto por la norma ASTM C-39.

Este ensayo se realiza normalmente cuando los cilindros de prueba tienen una edad de 28 días, pero en nuestro estudio lo hemos realizado en 50 días.

Se considero que no tenia objeto hacer ensayos antes de los 28 días de edad del concreto por que si lo aplicamos a incendios es poco probable que una construcción de cualquier tipo ocurra un incendio antes de este tiempo.

Para los ensayos respectivos se dejaron enfriar las probetas un tiempo prudencial para luego pesarlas nuevamente y tomarles su diámetro y por último ensayarlas, o sea someterlas a la compresión.

Es importante el conocimiento en el caso de cargas extremas ante el debilitamiento del concreto en una estructura por acción del fuego solo se puede si la estructura es capaz de absorber y disipar energía mediante deformaciones inelásticas, para asegura esto los diseñadores deben dar especial atención a los detalles tales como cuantía de refuerzo longitudinal, anclaje del refuerzo y confinamiento del concreto comprimido.



6.2.1.1 VALORES PROMEDIOS DEL $F'c$ OBTENIDOS DE LAS ROTURAS DE PROBETAS DE CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO, SEGÚN SU RELACIÓN a/c , A LOS 300°C DE TEMPERATURA:

A) $F'c$ Para la Relación $a/c = 0.60$ a 300°C.

TABLA 6.2.1.1-A

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia la Compresión (Kg/cm ²)
A	13.177	15.10	178.99	518	52803.26	295.01
B	13.205	15.10	178.99	492	50152.91	280.20
C	13.100	15.05	177.80	535	54536.19	306.72
D	13.620	15.10	178.99	524	53414.88	298.43
E	13.620	15.35	184.96	520	53007.14	286.58
F	13.105	15.20	181.37	482	49133.54	270.91
G	13.130	15.30	183.76	510	51987.77	282.91
H	13.730	15.20	181.37	528	53822.63	296.76
I	13.430	15.10	178.99	542	55249.75	308.68
J	13.500	15.00	176.63	533	54332.31	307.61
K	13.450	15.00	176.63	547	55759.43	315.69
L	13.600	15.10	178.99	525	53516.82	299.00
Promedio =						295.71

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

B) F³c Para la Relación a / c = 0.50 a 300 °c.

TABLA 6.2.1.1-B

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
A	14.165	15.50	188.60	605	61671.76	327.00
B	13.444	15.10	178.99	584	59531.09	332.60
C	13.748	15.40	186.17	620	63200.82	339.48
D	13.535	15.05	177.80	578	58919.47	331.37
E	13.674	15.10	178.99	560	57084.61	318.93
F	13.480	15.05	177.80	569	58002.04	326.21
G	13.681	15.10	178.99	587	59836.90	334.31
H	13.785	15.10	178.99	593	60448.52	337.72
I	13.254	15.20	181.37	614	62589.19	345.10
J	13.845	15.05	177.80	595	60652.40	341.12
K	13.713	15.10	178.99	580	59123.34	330.32
L	13.601	15.10	178.99	565	57594.29	321.78
Promedio =						332.16

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

C) F³c Para la Relación a / c = 0.45, a 300 °c.

TABLA 6.2.1.1-C

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
A	13.433	15.20	181.37	590	60142.71	331.61
B	13.634	15.15	180.18	622	63404.69	351.91
C	14.054	15.30	183.76	542	55249.75	300.66
D	13.712	15.10	178.99	666	67889.91	379.30
E	13.621	15.00	176.63	642	65443.43	370.52
F	13.638	15.10	178.99	611	62283.38	347.98
G	13.651	15.05	177.80	600	61162.08	343.99
H	14.071	15.00	176.63	656	66870.54	378.60
I	13.862	15.05	177.80	635	64729.87	364.05
J	13.577	15.15	180.18	570	58103.98	322.49
K	13.700	15.10	178.99	560	57084.61	318.93
L	14.071	15.25	182.56	637	64933.74	355.68
Promedio =						347.14

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



6.2.1.2 VALORES PROMEDIOS DEL F'c OBTENIDOS DE LAS ROTURAS DE PROBETAS DE CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO , SEGÚN SU RELACIÓN a/c, A LOS 400°C DE TEMPERATURA:

A) F'c Para la Relación a / c = 0.60, a 400 °c.

TABLA 6.2.1.2-A

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
A	13.489	15.10	178.99	472	48114.17	268.81
B	13.560	14.90	174.28	470	47910.30	274.91
C	13.893	15.30	183.76	482	49133.54	267.38
D	13.992	15.40	186.17	475	48419.98	260.08
E	13.391	14.70	169.63	467	47604.49	280.64
F	13.600	14.95	175.45	474	48318.04	275.40
G	13.497	15.10	178.99	470	47910.30	267.67
H	13.189	15.05	177.80	468	47706.42	268.31
I	13.896	15.05	177.80	480	48929.66	275.19
J	13.955	15.10	178.99	477	48623.85	271.66
K	13.622	15.00	176.63	485	49439.35	279.91
L	13.887	15.40	186.17	475	48419.98	260.08
					Promedio =	270.84

Fuente: Ensayo realizado por Tesisistas



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

B) F’c Para la Relación a / c = 0.50, a 400 °c.

TABLA 6.2.1.2-B

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
A	13.550	15.00	176.63	530	54026.50	305.88
B	13.300	14.90	174.28	528	53822.63	308.83
C	13.890	15.25	182.56	537	54740.06	299.84
D	14.014	15.00	176.63	520	53007.14	300.11
E	13.887	15.10	178.99	527	53720.69	300.14
F	13.795	15.15	180.18	525	53516.82	297.03
G	13.838	15.10	178.99	534	54434.25	304.12
H	13.329	15.05	177.80	536	54638.12	307.29
I	13.500	15.00	176.63	531	54128.44	306.46
J	13.800	15.10	178.99	526	53618.76	299.57
K	13.281	15.00	176.63	525	53516.82	303.00
L	13.374	15.50	188.60	524	53414.88	283.22
Promedio =						301.29

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

C) F’c Para la Relación a / c = 0.45, a 400 °c.

TABLA 6.2.1.2-C

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
A	13.838	15.20	181.37	545	55555.56	306.32
B	13.427	15.10	178.99	553	56371.05	314.94
C	13.058	15.00	176.63	558	56880.73	322.04
D	13.702	15.00	176.63	558	56880.73	322.04
E	13.859	15.10	178.99	550	56065.24	313.23
F	13.770	15.10	178.99	564	57492.35	321.21
G	13.794	15.15	180.18	553	56371.05	312.87
H	13.400	15.10	178.99	552	56269.11	314.37
I	13.860	15.05	177.80	548	55861.37	314.17
J	13.101	15.10	178.99	550	56065.24	313.23
K	13.632	15.00	176.63	540	55045.87	311.65
L	13.726	15.50	188.60	542	55249.75	292.95
Promedio =						313.25

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



6.2.1.3 VALORES PROMEDIOS DEL F'c OBTENIDOS DE LAS ROTURAS DE PROBETAS DE CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO, SEGÚN SU RELACIÓN a/c, A LOS 600°C DE TEMPERATURA:

A) F'c Para la Relación a / c = 0.60, a 600°c

TABLA 6.2.1.3-A

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
A	13.890	15.40	186.17	354	36085.63	193.83
B	12.270	15.10	178.99	363	37003.06	206.74
C	12.650	15.00	176.63	350	35677.88	202.00
D	12.550	15.20	181.37	368	37512.74	206.83
E	12.390	15.10	178.99	359	36595.31	204.46
F	12.995	15.00	176.63	358	36493.37	206.61
G	12.360	15.35	184.96	355	36187.56	195.65
H	12.395	15.20	181.37	350	35677.88	196.72
I	13.100	15.20	181.37	365	37206.93	205.15
J	12.400	15.00	176.63	360	36697.25	207.77
K	12.495	15.10	178.99	355	36187.56	202.18
L	12.820	15.20	181.37	358	36493.37	201.21
Promedio =						202.43

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

B) F'c para la Relación a / c = 0.50, a 600 °c

TABLA 6.2.1.3-B

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
A	13.532	15.30	183.76	320	32619.78	177.51
B	12.511	15.20	181.37	315	32110.09	177.05
C	12.954	15.20	181.37	310	31600.41	174.24
D	12.347	15.30	183.76	312	31804.28	173.07
E	13.100	15.05	177.80	314	32008.15	180.02
F	12.950	15.20	181.37	317	32313.97	178.17
G	12.720	15.35	184.96	322	32823.65	177.46
H	13.206	15.20	181.37	308	31396.53	173.11
I	13.206	15.20	181.37	317	32313.97	178.17
J	13.098	15.00	176.63	305	31090.72	176.03
K	12.677	15.10	178.99	309	31498.47	175.98
L	12.834	15.20	181.37	315	32110.09	177.05
Promedio =						176.49

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

C) F'c Para la Relación a / c = 0.45 a 600 °c

TABLA 6.2.1.3-C

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
A	12.923	15.10	178.99	285	29051.99	162.31
B	13.362	15.20	181.37	280	28542.30	157.37
C	12.880	15.20	181.37	279	28440.37	156.81
D	13.119	15.00	176.63	284	28950.05	163.91
E	12.837	15.05	177.80	286	29153.92	163.97
F	12.879	15.10	178.99	283	28848.11	161.17
G	13.710	15.00	176.63	276	28134.56	159.29
H	13.144	15.05	177.80	275	28032.62	157.66
I	13.224	15.05	177.80	277	28236.49	158.81
J	12.943	15.10	178.99	274	27930.68	156.05
K	13.099	15.00	176.63	288	29357.80	166.22
L	12.864	15.40	186.17	282	28746.18	154.41
Promedio =						159.83

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



6.2.1.4 VALORES PROMEDIOS DEL F'_c OBTENIDOS DE LAS ROTURAS DE PROBETAS DE CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO, SEGÚN SU RELACIÓN a/c , A LOS 800°C DE TEMPERATURA:

A) F'_c para la Relación $a / c = 0.60$ a 800 °c.

TABLA 6.2.1.4-A

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
A	12.230	14.60	167.33	230	23445.46	140.11
B	12.950	14.30	160.52	210	21406.73	133.35
C	13.162	15.30	183.76	224	22833.84	124.26
D	13.000	15.10	178.99	200	20387.36	113.90
E	12.926	15.00	176.63	204	20795.11	117.74
F	12.847	15.15	180.18	181	18450.56	102.40
G	13.122	15.50	188.60	240	24464.83	129.72
H	13.088	15.10	178.99	220	22426.10	125.29
I	12.975	15.40	186.17	206	20998.98	112.79
J	12.599	15.05	177.80	215	21916.41	123.26
K	12.95	15.10	178.99	209	21304.79	119.03
L	12.85	15.05	177.80	173	17635.07	99.18
Promedio =						120.09

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

B) F'c Para la Relación $a / c = 0.50$ a $800\text{ }^{\circ}\text{C}$.

TABLA 6.2.1.4-B

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
A	12.856	15.10	178.99	160	16309.89	91.12
B	12.728	15.10	178.99	182	18552.50	103.65
C	12.509	15.35	184.96	165	16819.57	90.93
D	12.674	15.05	177.80	176	17940.88	100.90
E	12.621	15.10	178.99	140	14271.15	79.73
F	12.602	15.00	176.63	167	17023.45	96.38
G	13.032	15.05	177.80	190	19367.99	108.93
H	12.624	15.10	178.99	170	17329.26	96.82
I	12.720	15.00	176.63	159	16207.95	91.76
J	12.991	15.05	177.80	130	13251.78	74.53
K	12.901	15.00	176.63	154	15698.27	88.88
L	12.690	15.05	177.80	146	14882.77	83.70
Promedio =						92.28

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

C) F'c Para la Relación agua cemento $a / c = 0.45$, a $800\text{ }^{\circ}\text{C}$.

TABLA 6.2.1.4-C

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
A	13.259	15.20	181.37	144	14678.90	80.94
B	13.170	15.20	181.37	120	12232.42	67.45
C	13.190	15.10	178.99	117	11926.61	66.63
D	13.082	15.00	176.63	130	13251.78	75.03
E	12.642	15.05	177.80	129	13149.85	73.96
F	12.791	15.15	180.18	136	13863.40	76.94
G	13.215	15.20	181.37	128	13047.91	71.94
H	13.090	15.15	180.18	110	11213.05	62.23
I	13.033	15.00	176.63	128	13047.91	73.87
J	12.961	15.05	177.80	100	10193.68	57.33
K	12.783	15.00	176.63	107	10907.24	61.75
L	12.650	15.00	176.63	138	14067.28	79.64
Promedio =						70.64

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



**6.2.1.5 CUADRO DE RESUMEN DEL F'c EN Kg/cm² DE LAS PROBETAS
SOMETIDAS A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO A DISTINTAS
TEMPERATURAS.**

TABLA 6.2.1.5

RELACIÓN A/C	0.60	0.50	0.45
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 300 °C	295.71	332.16	347.14
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 400 °C	270.84	301.29	313.25
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 600 °C	202.43	176.49	159.83
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 800 °C	120.09	92.28	70.64

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

**6.2.2 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL CONCRETO SOMETIDO A LA
ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO SEGÚN LA PRUEBA BRASILEIRA
(NORMA ASTM C - 496-90).**

Para la determinación de este parámetro no se suele usar ensayos directos debido a las dificultades que se presentan sobretodo por los efectos secundarios que generan los dispositivos de carga. Este ensayo se ha seguido el procedimiento de la resistencia a la Tracción de Compresión Diametral de cilindros de concreto, la que consiste en cargar lateralmente el cilindro estándar, a lo largo de uno de sus diámetros hasta que se rompa. Lo hemos realizado también a los cincuenta días de edad del concreto. El procedimiento ha sido siguiendo estrictamente la norma A.S.T.M. C-496-90



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

6.2.2.1 VALORES PROMEDIOS DEL F^t OBTENIDOS DE LAS ROTURAS DE PROBETAS DE CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO, SEGÚN SU RELACIÓN a/c, A LOS 300°C DE TEMPERATURA:

A) F^t Para la Relación a/c = 0.60 a 300°c.

TABLA 6.2.2.1-A

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
M	13.200	15.30	183.76	210	21406.73	29.24
N	13.710	15.00	176.63	190	19367.99	26.98
Ñ	13.615	15.00	176.63	186	18960.24	26.41
O	13.462	15.00	176.63	232	23649.34	32.95
P	13.730	15.10	178.99	240	24464.83	33.86
Q	13.545	15.00	176.63	193	19673.80	27.41
Promedio =						29.47

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

B) F^t Para la Relación a/c = 0.50 a 300°c.

TABLA 6.2.2.1-B

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
M	13.675	15.50	188.60	221	22528.03	30.37
N	13.854	15.10	178.99	218	22222.22	30.75
Ñ	13.879	15.40	186.17	209	21253.82	28.84
O	13.873	15.05	177.80	225	22935.78	31.85
P	13.760	15.10	178.99	219	22324.16	30.89
Q	13.373	15.05	177.80	217	22120.29	30.71
Promedio =						30.57

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



C) F't Para la Relación a/c = 0.45 a 300°C.

TABLA 6.2.2.1-C

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
M	13.873	15.10	178.99	229	23343.53	32.31
N	13.700	15.05	177.80	231	23547.40	32.70
Ñ	13.623	15.05	177.80	239	24362.90	33.83
O	13.948	15.10	178.99	213	21712.54	30.05
P	13.832	15.00	176.63	248	25280.33	35.22
Q	13.634	15.40	186.17	245	24974.52	33.89
Promedio =						33.00

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

6.2.2.2 VALORES PROMEDIOS DEL F't OBTENIDOS DE LAS ROTURAS DE PROBETAS DE CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO, SEGÚN SU RELACIÓN a/c, A LOS 400°C DE TEMPERATURA:

A) F't Para la Relación a/c =0.6 a 400°C.

TABLA 6.2.2.2-A

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
M	13.624	15.10	178.99	199	20285.42	28.07
N	13.456	15.05	177.80	169	17227.32	23.92
Ñ	13.950	15.05	177.80	198	20183.49	28.02
O	13.858	15.10	178.99	189	19266.06	26.66
P	13.571	15.00	176.63	210	21434.25	29.86
Q	13.614	15.40	186.17	204	20795.11	28.22
Promedio =						27.46

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

B) F't Para la Relación a/c = 0.50 a 400°c.

TABLA 6.2.2.2-B

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
M	13.914	15.10	178.99	184	18756.37	25.96
N	13.781	15.05	177.80	180	18348.62	25.48
Ñ	13.679	15.00	176.63	163	16615.70	23.15
O	13.775	15.10	178.99	179	18246.69	25.25
P	13.704	15.00	176.63	194	19775.74	27.55
Q	13.705	15.50	188.60	183	18654.43	25.15
Promedio =						25.42

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

C) F't Para la Relación a / c = 0.45 a 400 °c

TABLA 6.2.2.2-C

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
M	13.387	15.10	178.99	253	25790.01	35.69
N	13.605	15.05	177.80	188	19164.12	26.61
Ñ	13.499	15.05	177.80	242	24668.71	34.25
O	13.600	15.10	178.99	239	24362.90	33.72
P	13.492	15.00	176.63	230	23445.46	32.66
Q	13.450	15.50	188.60	198	20183.49	27.21
Promedio =						31.69

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

6.2.2.3 VALORES PROMEDIOS DEL F^t OBTENIDOS DE LAS ROTURAS DE PROBETAS DE CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO, SEGÚN SU RELACIÓN a/c, A LOS 600°C DE TEMPERATURA.

A) F^t Para la Relación a/c = 0.60 a 600 °c.

TABLA 6.2.2.3-A

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
M	12.200	15.15	180.18	132	13455.66	18.56
N	12.320	15.10	178.99	130	13200.82	18.27
Ñ	12.120	15.00	176.63	123	12538.23	17.47
O	12.950	15.00	176.63	119	12130.48	16.90
P	12.480	15.10	178.99	135	13761.47	19.04
Q	12.990	15.10	178.99	148	15086.65	20.88
Promedio =						18.52

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

B) F^t Para la Relación a/c = 0.50 a 600 °c.

TABLA 6.2.2.3-B

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
M	13.860	15.00	176.63	115	11722.73	16.33
N	13.940	15.20	181.37	117	11926.61	16.40
Ñ	13.650	15.20	181.37	118	12028.54	16.54
O	13.540	15.00	176.63	122	12385.32	17.25
P	13.750	15.05	177.80	126	12793.07	17.76
Q	13.340	15.15	180.18	130	13297.66	18.34
Promedio =						17.10

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



C) F't Para la Relación $a / c = 0.45$ a $600\text{ }^{\circ}\text{C}$.

TABLA 6.2.2.3-C

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
M	13.377	15.00	176.63	100	10193.68	14.20
N	13.279	15.10	178.99	90	9174.31	12.70
Ñ	13.279	15.05	177.80	108	11009.17	15.29
O	13.269	15.10	178.99	113	11467.89	15.87
P	13.100	15.35	184.96	117	11967.38	16.29
Q	13.266	15.20	181.37	129	13149.85	18.08
Promedio =						15.40

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

6.2.2.4 VALORES PROMEDIOS DEL F't OBTENIDOS DE LAS ROTURAS DE PROBETAS DE CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO, SEGÚN SU RELACIÓN a/c , A LOS $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ DE TEMPERATURA.

A) F't Para la Relación $a / c = 0.60$ a $800\text{ }^{\circ}\text{C}$.

TABLA 6.2.2.4-A

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
M	12.585	15.00	176.63	110	11213.05	15.62
N	12.673	15.10	178.99	90	9174.31	12.70
Ñ	12.952	15.20	181.37	102	10397.55	14.29
O	12.543	15.15	180.18	100	10193.68	14.06
P	12.95	15.10	178.99	103	10499.49	14.53
Q	12.692	15.10	178.99	117	11926.61	16.51
Promedio =						14.62

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

B) F't Para la Relación a / c = 0.50 a 800 °c.

TABLA 6.2.2.4-B

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
M	12.645	15.30	183.76	74	7543.32	10.30
N	13.057	15.10	178.99	75	7645.26	10.58
Ñ	12.667	15.10	178.99	68	6880.73	9.52
O	12.622	15.10	178.99	76	7747.20	10.72
P	12.970	15.10	178.99	70	7135.58	9.88
Q	12.677	15.05	177.80	74	7543.32	10.47
Promedio =						10.25

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

C) F't Para la Relación a / c = 0.45 a 800 °c.

TABLA 6.2.2.4-C

Probeta	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Sección (cm ²)	Carga de Rotura (KN)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)
M	13.215	15.00	176.63	54	5504.59	7.67
N	13.067	15.05	177.80	68	6931.70	9.62
Ñ	12.711	15.35	184.96	62	6320.08	8.60
O	12.913	15.05	177.80	40	4077.47	5.66
P	12.750	15.10	178.99	64	6523.96	9.03
Q	13.000	15.05	177.80	48	4892.97	6.79
Promedio =						7.90

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas



6.2.2.5 CUADRO DE RESUMEN DEL F't EN Kg/cm² DE LAS PROBETAS SOMETIDAS A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO A DISTINTAS TEMPERATURAS.

TABLA 6.2.2.5

RELACIÓN A/C	0.60	0.50	0.45
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 300 °C	29.47	30.57	33.00
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 400 °C	27.46	25.42	31.69
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 600 °C	18.52	17.10	15.40
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 800 °C	14.62	10.25	7.90

Fuente: Ensayo realizado por Tesistas

CAPITULO VI

COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



CAPITULO VII COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 MATERIALES DEL CONCRETO EN LA INVESTIGACIÓN

7.1.1 CEMENTO PORTLAND TIPO I – PACASMAYO

La calidad del cemento es un factor importante en los diseños de mezclas y en los resultados que se obtengan de los concretos a preparar; para el cemento utilizado en la investigación, respecto a sus propiedades físicas: contenido de aire, tiempo de fraguado, resistencia a la compresión, cumplen a cabalidad las especificaciones de la Norma de Control N.T.P. 334.044, el contenido de aire obtenido para el cemento Pacasmayo Tipo I es 10.5% respecto del 12% como máximo especificado por la norma de control, siendo porcentajes mayores perjudiciales ya que disminuyen la resistencia del concreto.

7.1.2 AGREGADO FINO

De los ensayos realizados se observa que la granulometría del agregado no cumple en su totalidad respecto al huso de control de la norma ASTM C-33; teniendo para el tamiz de 3/8” que el porcentaje pasante es 98.65%, la norma exige el 100%, para el tamiz N° 4, el porcentaje que pasa es 94.46% la norma exige el 95%, podemos ver que la granulometría de la arena se encuentra en el límite de la norma.

De las demás propiedades del agregado fino: peso específico 2.69 gr/cc, módulo de finura 2.98, absorción 1.15%, humedad 0.31%, peso unitario suelto 1670 kg/m³, peso unitario compactado 1921 kg/m³, porcentaje de vacíos 28.81%.



7.1.3 AGREGADO GRUESO

De los ensayos realizados se observa que la granulometría del agregado respecto de la norma de control ASTM C-33 no cumple en su totalidad, teniendo que en el rango de tamices 1” a 1/2” la curva sale del huso, lo que obligando a usar un método de diseño diferente al tradicional ACI-211.

Respecto a sus propiedades físicas como peso específico (2.89 gr/cc), absorción (0.54%), humedad 0.18%, modulo de fineza 7.33, peso unitario suelto 1357 kg/m³, peso unitario compactado 1520 kg/m³, porcentaje de vacíos 47.50%.

7.1.4 AGUA

El agua utilizada fue agua potable suministrada por Seda Chimbote, por lo que se descarta una posible contaminación al concreto elaborado, teniendo como límites permisibles los valores especificados en la norma de control N.T.P. 334.088.

Sustancias Disueltas	Valor Máximo Admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
Ph	Mayor de 7
Sólidos en Suspensión	1500 ppm
Materia Orgánica	10 ppm

Fuente: Tecnología del Concreto – Ing Flavio Abanto Castillo; pag. 21



7.2 SOBRE LOS ENSAYOS A LAS PROBETAS DEL CONCRETO PATRÓN

7.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRÓN

CUADRO DE RESUMEN DEL F^c DEL CONCRETO PATRÓN

TABLA 7.2.1.1

RELACIÓN a/c	EDAD (Días)	ESFUERZO COMPRESIÓN kg/cm ²
0.60	50	308.95 (100 %)
0.50	50	346.69 (100 %)
0.45	50	386.68 (100 %)

Fuente: Ensayos realizados por tesisistas

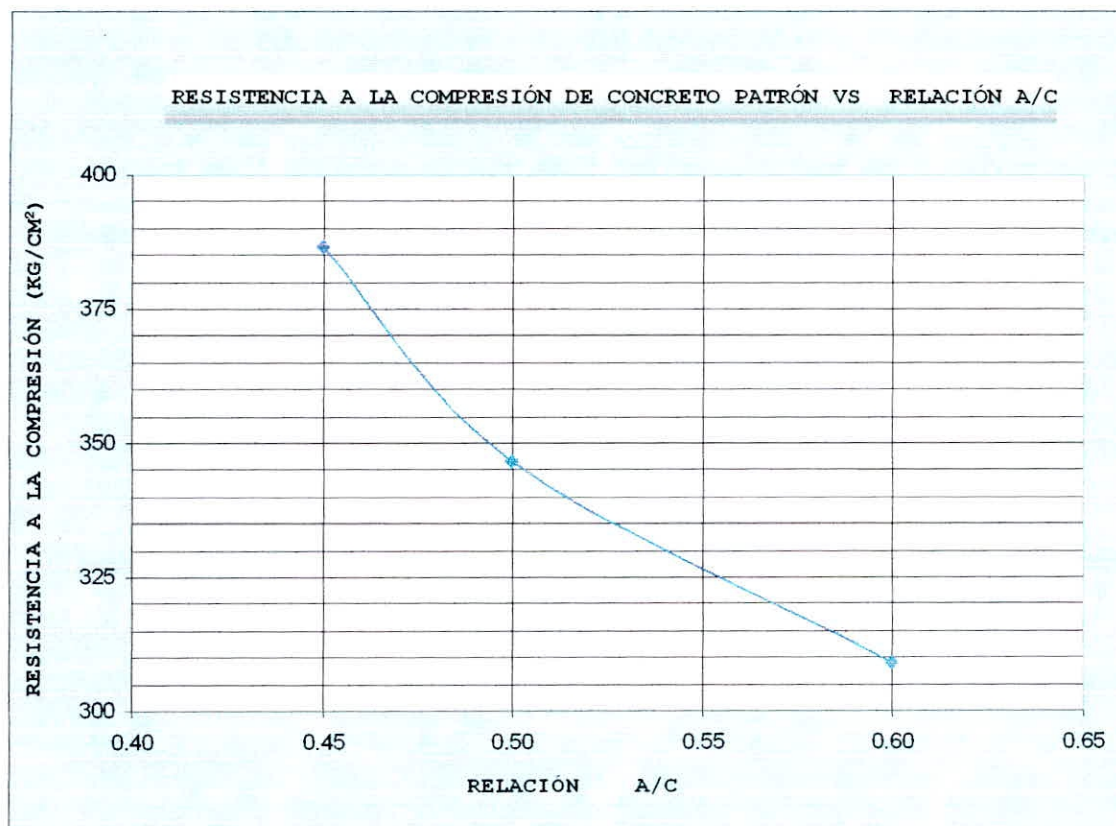
Sabemos que las edades de control reglamentario para verificar la calidad de un concreto son a los 7, 14 y 28 días pero en nuestro caso lo hemos realizado a los 50 días. De los ensayos de resistencia a la compresión, del concreto patrón se aprecia que se han obtenido resultados muchos más de los esperados a la edad en que fueron ensayadas y que están dentro de los rangos de las NTP.

Según las NTP el concreto de uso generalizado tiene una resistencia a la compresión promedio entre 210 y 350 kg/cm², pues son las resistencias necesarias típicas empleadas en los cálculos para diseño de los elementos estructurales de edificios y de otras estructuras, como podemos observar los valores encontrados para la relación a/c 0.45 sobrepasan los promedios



A continuación se presenta los gráficos de la resistencia del concreto patrón en función de la relación agua/cemento con los datos de la tabla 7.2.1.1

GRÁFICO 7.2.1.1



Este primer gráfico 7.2.1.1 se demuestra que un concreto normal la resistencia es inversamente proporcional a la relación agua/cemento es decir que a mayor resistencia la relación agua cemento baja; el gráfico tiende a ser lineal, lo que en este caso trae como consecuencia una tasa proporcional de disminución de la resistencia de 5.25 kg/cm^2 por cada 0.01 de aumento de la relación agua cemento; queda a responsabilidad del profesional que maneje esta información, la revisión y actualización continua, acorde con el avance tecnológico de aceptación internacional, así como de su uso e interpretación.



7.2.2 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL CONCRETO PATRÓN

CUADRO DE RESUMÉN DEL F't DEL CONCRETO PATRÓN

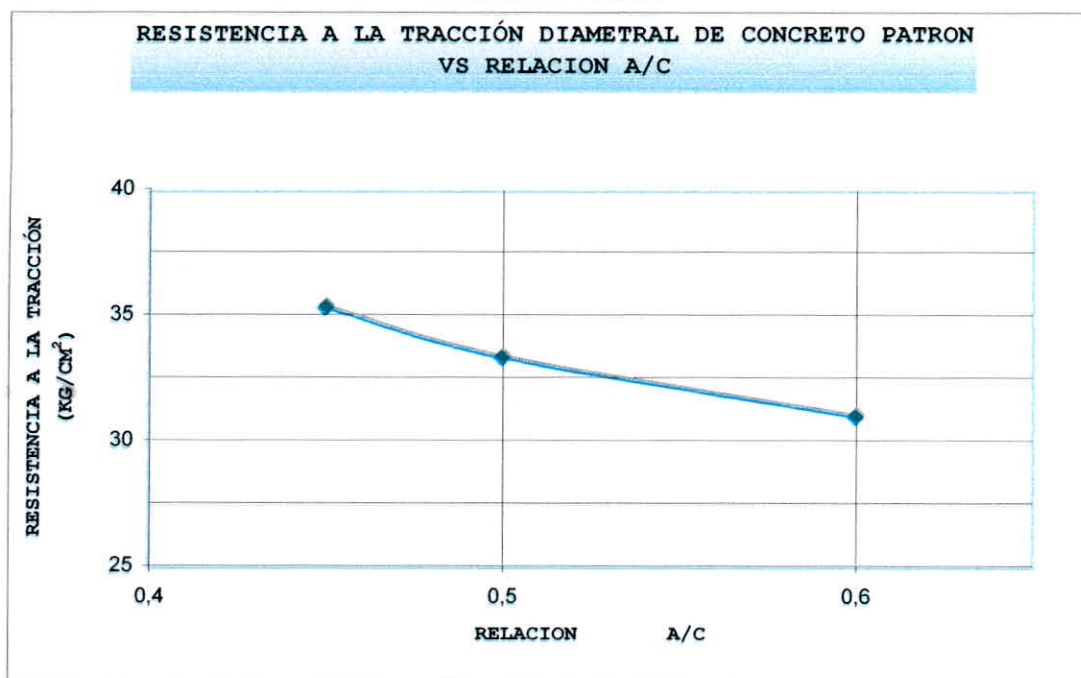
TABLA 7.2.2

RELACIÓN	EDAD	ESFUERZO
a/c	(Días)	kg/cm ²
0.60	50	31.02
0.50	50	33.36
0.45	50	35.35

Fuente: Ensayos realizados por tesisistas

Sabemos que el valor de la resistencia a la tensión del concreto es aproximadamente de 8% a 15% de su resistencia a compresión, los ensayos de resistencia a la tracción (tensión) del concreto patrón, se realizaron a los 50 días, en la tabla 7.2.2 vemos las resistencias mínimas inferiores obtenidas del concreto que graficamos a continuación.

GRÁFICO 7.2.2.1



En este gráfico se demuestra que en un concreto normal la resistencia a la tracción también es inversamente proporcional a la relación agua/cemento es decir que a mayor resistencia la relación agua cemento baja; el gráfico tiende a ser lineal, lo que en este caso trae como consecuencia una tasa proporcional de disminución de la resistencia de 0.29 kg/cm^2 por cada 0.01 de aumento de la relación agua cemento; queda a responsabilidad del profesional que maneje esta información, la revisión y actualización continua, acorde con el avance tecnológico de aceptación internacional, así como de su uso e interpretación. Puede verse que la tasa de disminución de resistencia es más acelerada que en compresión lo que nos puede confundir en cuanto se sabe que en concreto armado la tracción se toma como nula en los cálculos lo cual se acepta por la poca contribución del concreto a la estructura en cuanto a tracción, pero lo que si se debe tomar en cuenta que la adherencia de cada compuesto en si del concreto



propiedad hace que los elementos constituyentes se separen, lo que hace que el elemento estructural falle, en los ensayos puede notarse las rajaduras como producto del aumento del calor así como también por la exposición a mayor tiempo en todas las relaciones de agua/cemento.

Se cree pues la resistencia a la tracción del concreto tiene pues mucha importancia en cuanto es una de las variables a utilizar en los tiempos de falla.

7.2.3 CUADRO RESUMEN GENERAL DE LAS PROPIEDADES

MECANICAS DEL CONCRETO PATRÓN

CUADRO RESUMEN DE CONCRETO PATRÓN

CONCRETO PATRON			
RELACION a/c	0,60	0,50	0,45
RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)	308,95	346,69	386,68
RESISTENCIA A TRACCION DIAMETRAL (kg/cm ²)	31,02	33,36	35,35

Fuente: Ensayos realizados por tesisistas

7.3 **SOBRE LOS ENSAYOS A LAS PROBETAS DE CONCRETO SOMETIDOS A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO.**

Sabemos que el tiempo para verificar la resistencia de un concreto es a 28 días pero en nuestro caso lo hemos realizado en 50 días ya que la probabilidad de un incendio es mayor cuando el concreto esta en servicio.



7.3.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO.

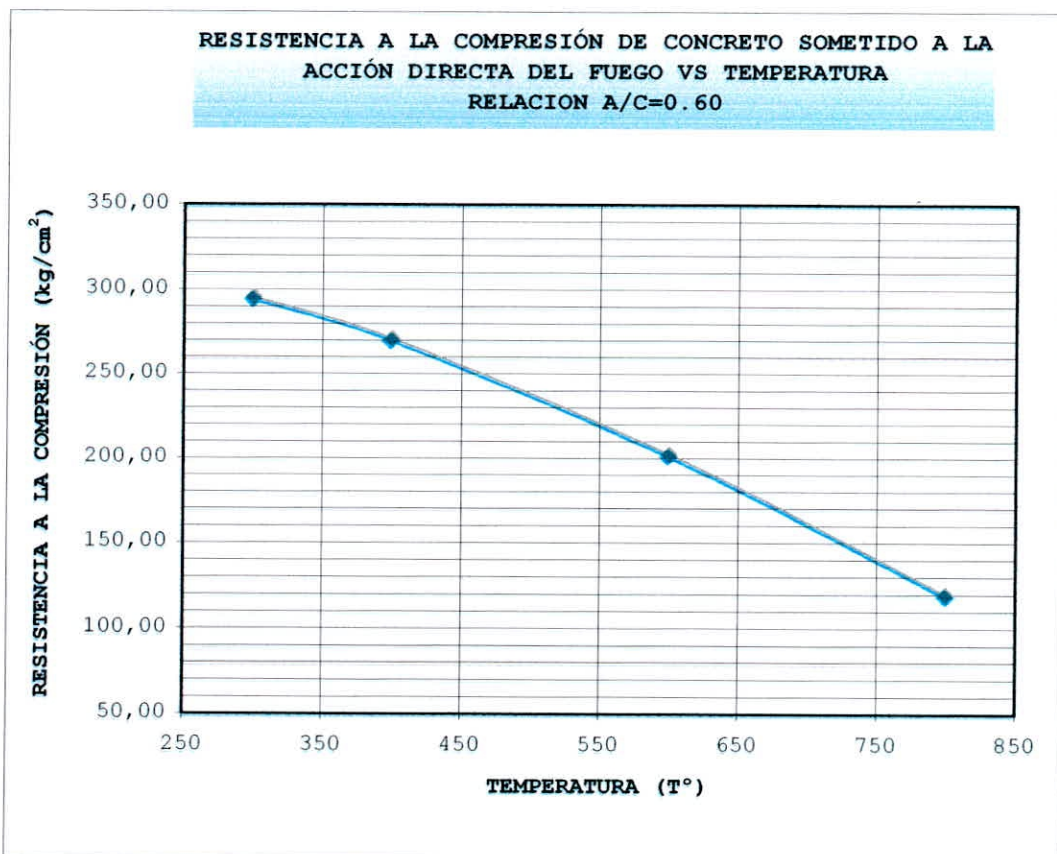
CUADRO DE RESUMEN DEL F'c DE LAS PROBETAS SOMETIDAS A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO A DISTINTAS TEMPERATURAS.

TABLA 7.3.1

RELACIÓN A/C	0.60	0.50	0.45
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 300 °C	295.71	332.16	347.14
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 400 °C	270.84	301.29	313.25
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 600 °C	202.43	176.49	159.83
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 800 °C	120.09	92.28	70.64

Fuente: Ensayos realizados por tesisistas

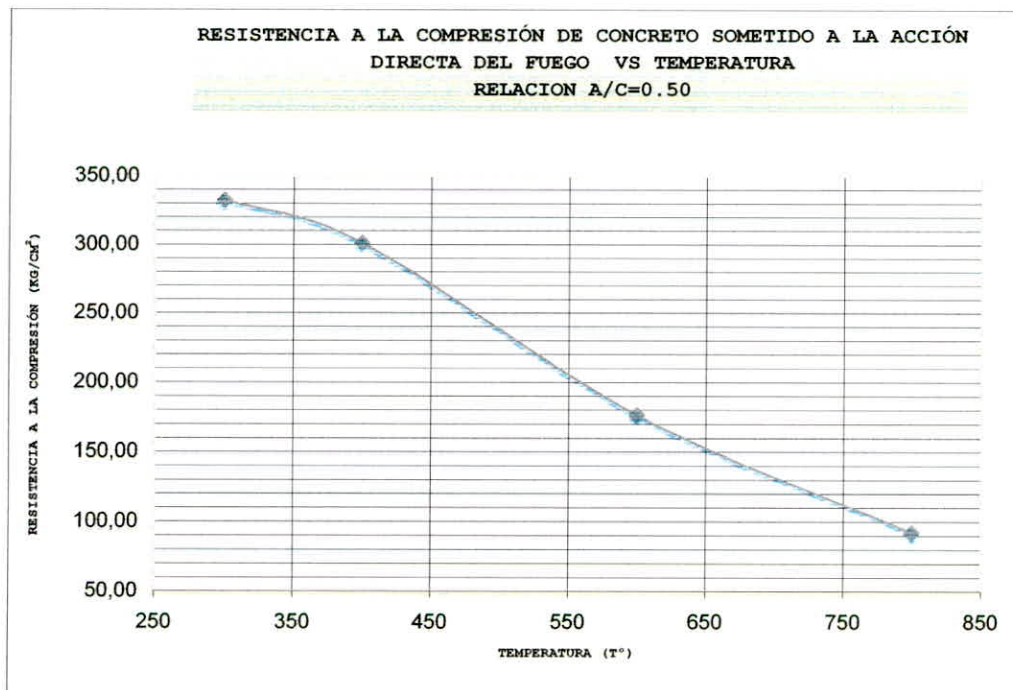
GRÁFICO 7.3.1.1



RELACIÓN A/C = 0.60	
T°	f _c
300	295.71
400	270.84
600	202.43
800	120.09

Este gráfico 7.3.1.1 se demuestra que un concreto normal la resistencia es inversamente proporcional al aumento de la temperatura relación es decir que a mayor temperatura la resistencia del concreto baja; el gráfico aunque es una curva tiende a ser lineal, lo que en este caso trae como consecuencia una tasa proporcional de disminución de la resistencia de 0.35 kg/cm^2 por cada $1 \text{ }^\circ\text{C}$ de aumento de la temperatura; queda a responsabilidad del profesional que maneje esta información, la revisión y actualización continua, acorde con el avance tecnológico de aceptación internacional, así como de su uso e interpretación.

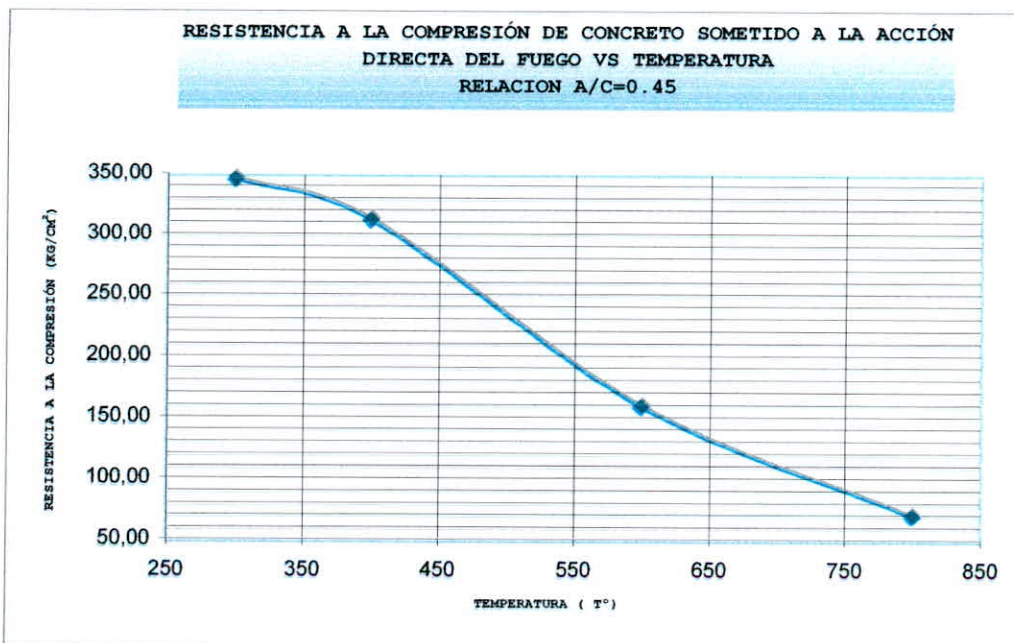
GRAFICO 7.3.1.2



RELACIÓN A/C = 0.50	
T°	F'c
300	332.16
400	301.29
600	176.49
800	92.28

Este gráfico 7.3.1.2 se demuestra que un concreto normal expuesto al fuego la resistencia es inversamente proporcional al aumento de la temperatura relación es decir que a mayor temperatura la resistencia del concreto baja; el gráfico aunque presenta una curva suave hasta los 400 °C luego tiende a ser lineal, lo que en este caso trae como consecuencia una tasa proporcional de disminución de la resistencia de 0.48 kg/cm² por cada 1 °C de aumento de la temperatura; queda a responsabilidad del profesional que maneje esta información, la revisión y actualización continua, acorde con el avance tecnológico de aceptación internacional, así como de su uso e interpretación.

GRÁFICO 7.3.1.3





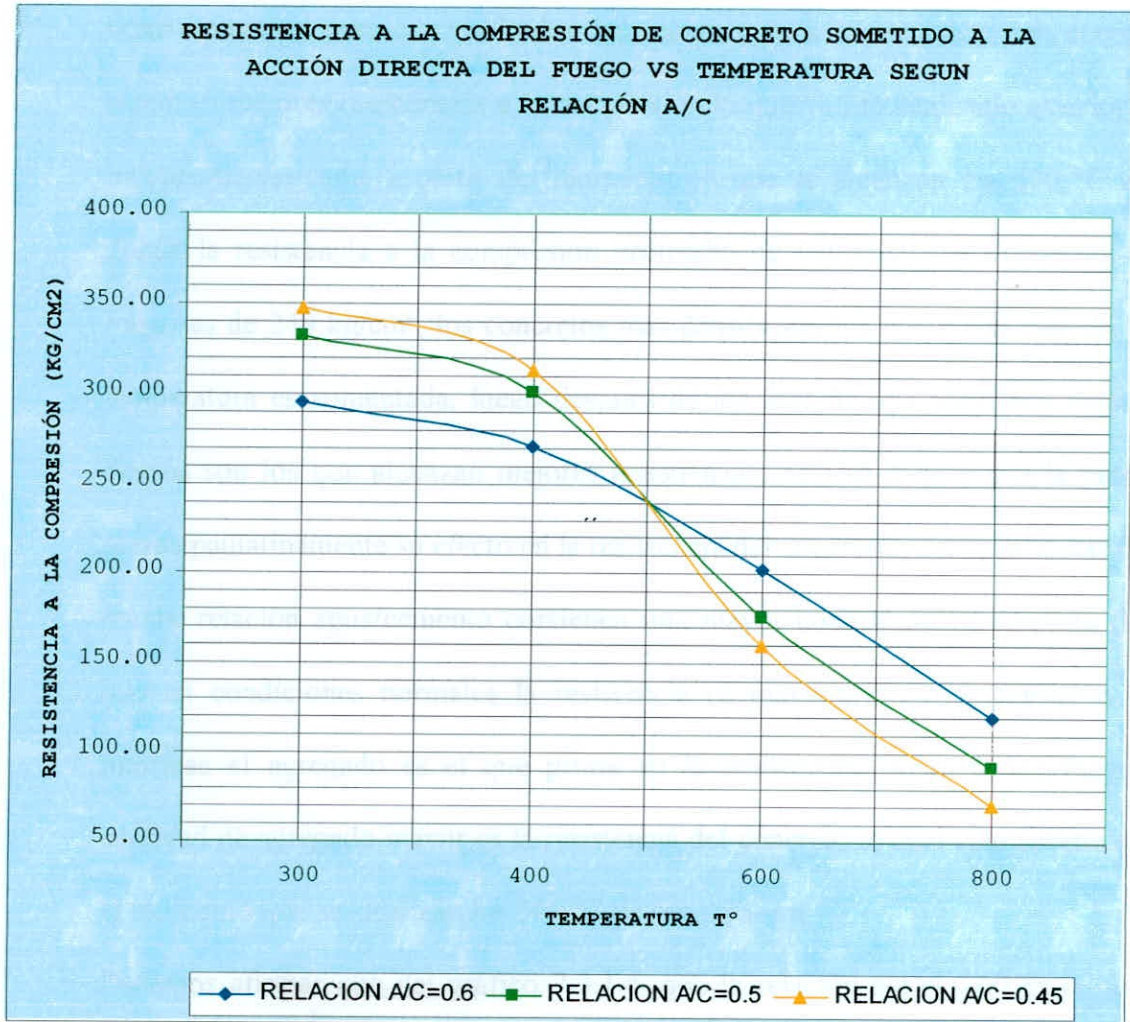
RELACIÓN A/C=0.45	
T°	F'c
300	347.14
400	313.25
600	159.83
800	70.64

Como se puede observar en el gráfico 7.3.1.3, para la relación $a/c = 0.45$ el gráfico tiende en un inicio a una curva, pero llega a terminar en una recta; el cambio brusco ocurre cuando se incrementa la temperatura de $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ a más, el cual es un indicador que este concreto tiene un mejor comportamiento inicial bajo la acción del fuego, lo cual se debe a que es más denso, al final tiende a destruirse tan rápido como las anteriores relaciones $a/c = 0.50$, $a/c = 0.60$.

En este gráfico también se demuestra que un concreto normal expuesto al fuego la resistencia es inversamente proporcional al aumento de la temperatura es decir que a mayor temperatura la resistencia del concreto baja; el gráfico aunque presenta una curva suave aun tiende a ser lineal, lo que en este caso trae como consecuencia una tasa proporcional de disminución de la resistencia de 0.55 kg/cm^2 por cada $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ de aumento de la temperatura; queda a responsabilidad del profesional que maneje esta información, la revisión y actualización continua, acorde con el avance tecnológico de aceptación internacional, así como de su uso e interpretación.

7.3.1.4 GRÁFICO GENERAL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO DE LAS 3 RELACIONES a/c A DIFERENTES TEMPERATURAS.

GRÁFICO 7.3.1.4



Este grafico general 7.3.1.4 muestra el comportamiento de las tres relaciones de concreto empleadas en nuestra investigación ante las distintas temperaturas sometidas.

7.3.2 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (PRUEBA BRASILEIRA).

CUADRO DE RESUMEN DEL f'_t DE LAS PROBETAS SOMETIDAS AL FUEGO A DISTINTAS TEMPERATURAS

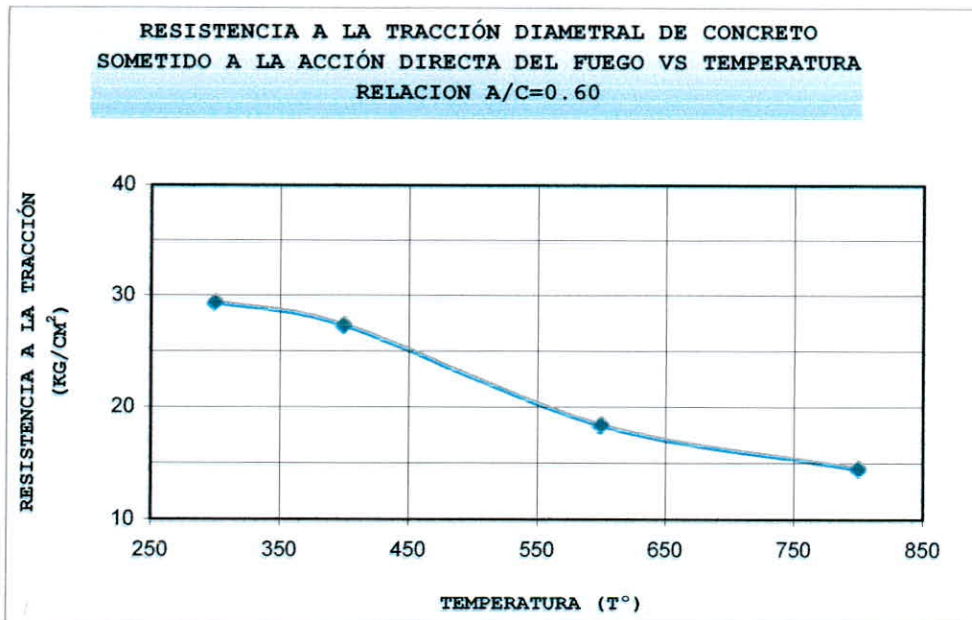
TABLA 7.3.2

RELACIÓN A/C	0.60	0.50	0.45
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 300 °C	29.47	30.57	33.00
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 400 °C	27.46	25.42	31.69
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 600 °C	18.52	17.10	15.40
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 800 °C	14.62	10.25	7.90

Fuente: Ensayos realizados por tesisistas

Para los ensayos de resistencia a la tracción, las probetas de concreto también se sometieron a la acción del fuego a los 50 días; porque según estudios de la Concrete – Construcción – Volumen 19 (Capítulo II), recomendaba que las probetas sean quemadas después de un tiempo prudencial de secado.

GRÁFICO 7.3.2.1

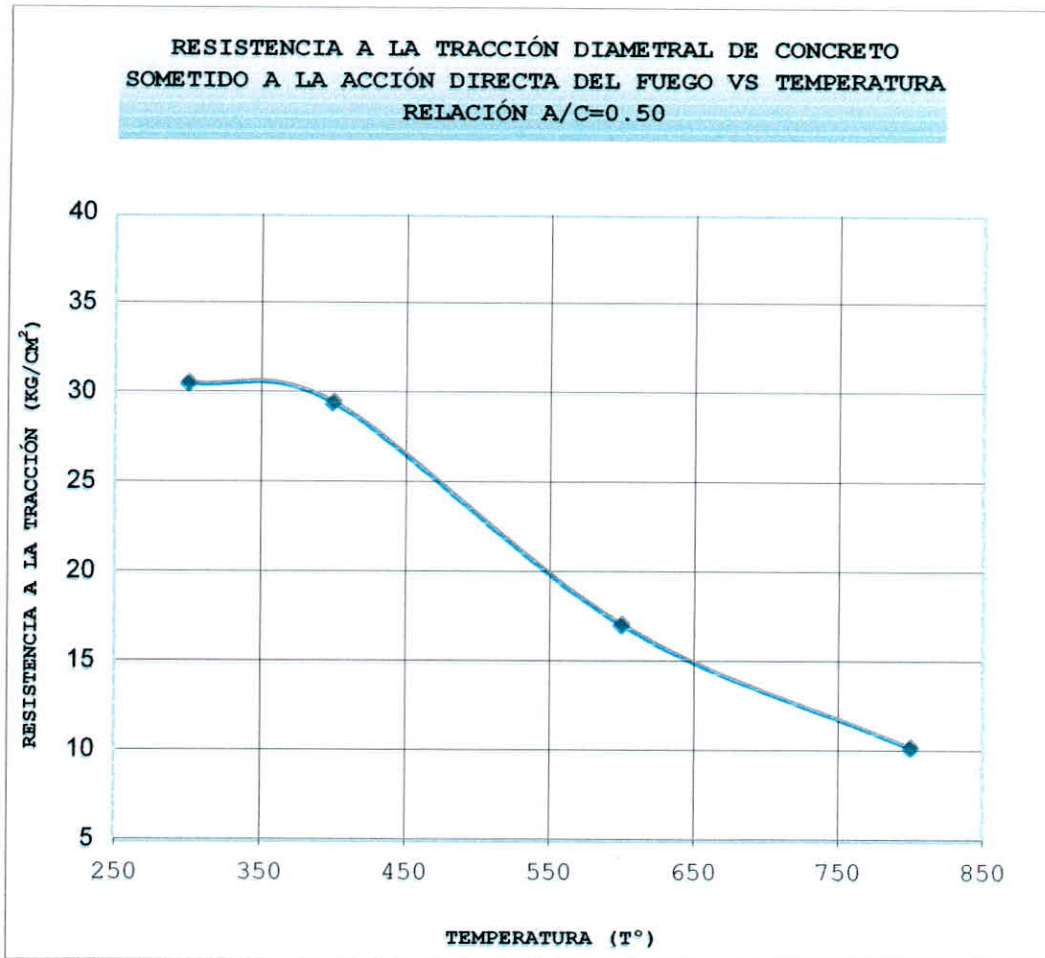




RELACIÓN A/C = 0,60	
T °	f _{ct}
300	29.47
400	27.46
600	18.52
800	14.62

En este gráfico 7.3.2.1 también se demuestra que un concreto normal expuesto al fuego la resistencia es inversamente proporcional al aumento de la temperatura es decir que a mayor temperatura la resistencia del concreto baja; el gráfico aunque presenta una curva suave aun tiende a ser lineal si lo dividimos en tres partes las cuales están limitadas por la temperatura, lo que en este caso trae como consecuencia una tasa proporcional de disminución de la resistencia de 0.020 kg/cm^2 en el primer tramo de 300 °C a 400 °C por cada 1 °C de aumento de la temperatura, para el segundo tramo de 400 °C a 600 °C la tasa de disminución es de $0,045 \text{ kg/cm}^2$ por cada 1 °C de aumento de la temperatura y en el tercer tramo de 600 °C a 800 °C muestra una tasa de disminución de la resistencia de 0.020 kg/cm^2 ; pues queda a responsabilidad del profesional que maneje esta información, la revisión y actualización continua, acorde con el avance tecnológico de aceptación internacional, así como de su uso e interpretación.

GRÁFICO 7.3.2.2



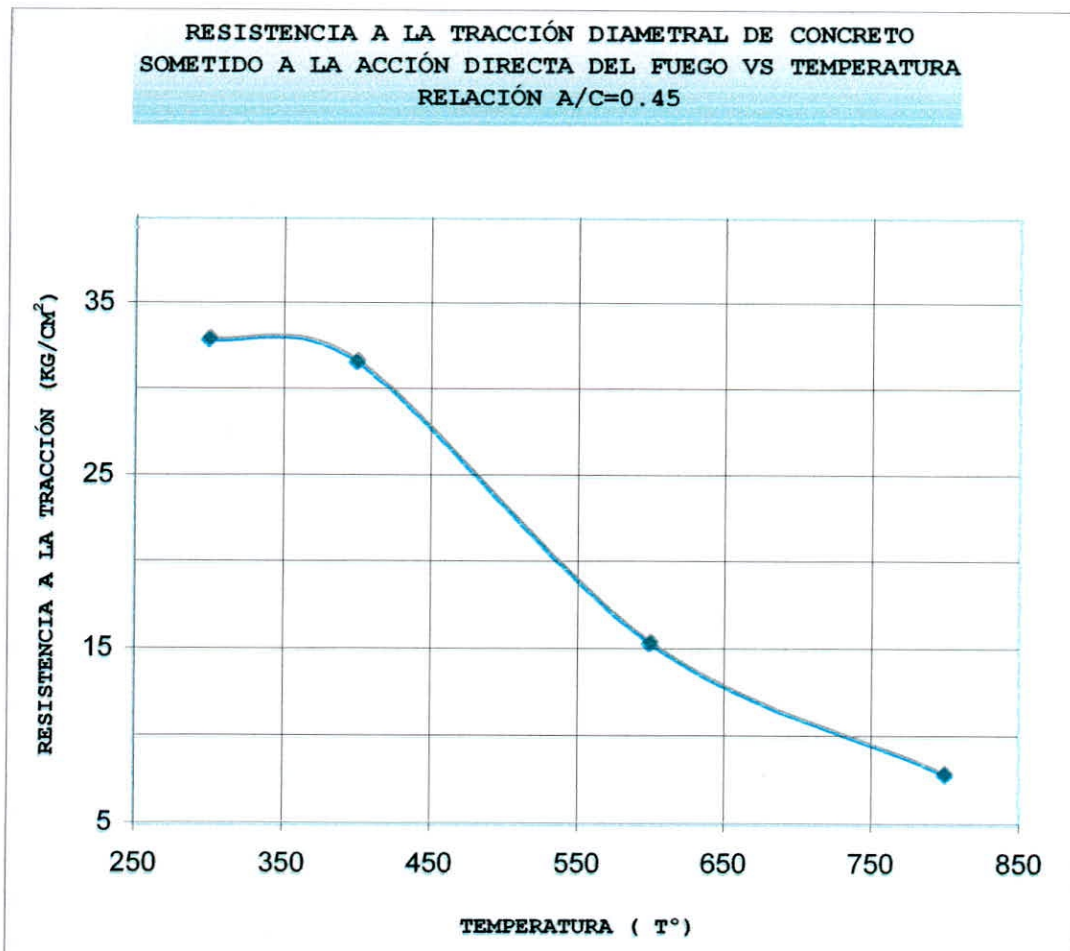
RELACIÓN A/C = 0.50	
T °	f^{ct}
300	30.57
400	29.50
600	17.10
800	10.25

En este gráfico 7.3.2.2 también se demuestra que un concreto normal con relación a/c = 0.50 expuesto al fuego la resistencia es inversamente proporcional al aumento de la temperatura es decir que a mayor temperatura la resistencia del concreto baja; el gráfico aunque presenta una curva suave aun tiende a ser lineal



si lo dividimos en tres partes las cuales están limitadas por la temperatura, lo que en este caso trae como consecuencia una tasa proporcional de disminución de la resistencia de 0.011 kg/cm^2 en el primer tramo de $300 \text{ }^\circ\text{C}$ a $400 \text{ }^\circ\text{C}$ por cada $1 \text{ }^\circ\text{C}$ de aumento de la temperatura, para el segundo tramo de $400 \text{ }^\circ\text{C}$ a $600 \text{ }^\circ\text{C}$ la tasa de disminución es de $0,062 \text{ kg/cm}^2$ por cada $1 \text{ }^\circ\text{C}$ de aumento de la temperatura y en el tercer tramo de $600 \text{ }^\circ\text{C}$ a $800 \text{ }^\circ\text{C}$ muestra una tasa de disminución de la resistencia de 0.034 kg/cm^2 ; pues queda a responsabilidad del profesional que maneje esta información, la revisión y actualización continua, acorde con el avance tecnológico de aceptación internacional, así como de su uso e interpretación.

GRÁFICO 7.3.2.3



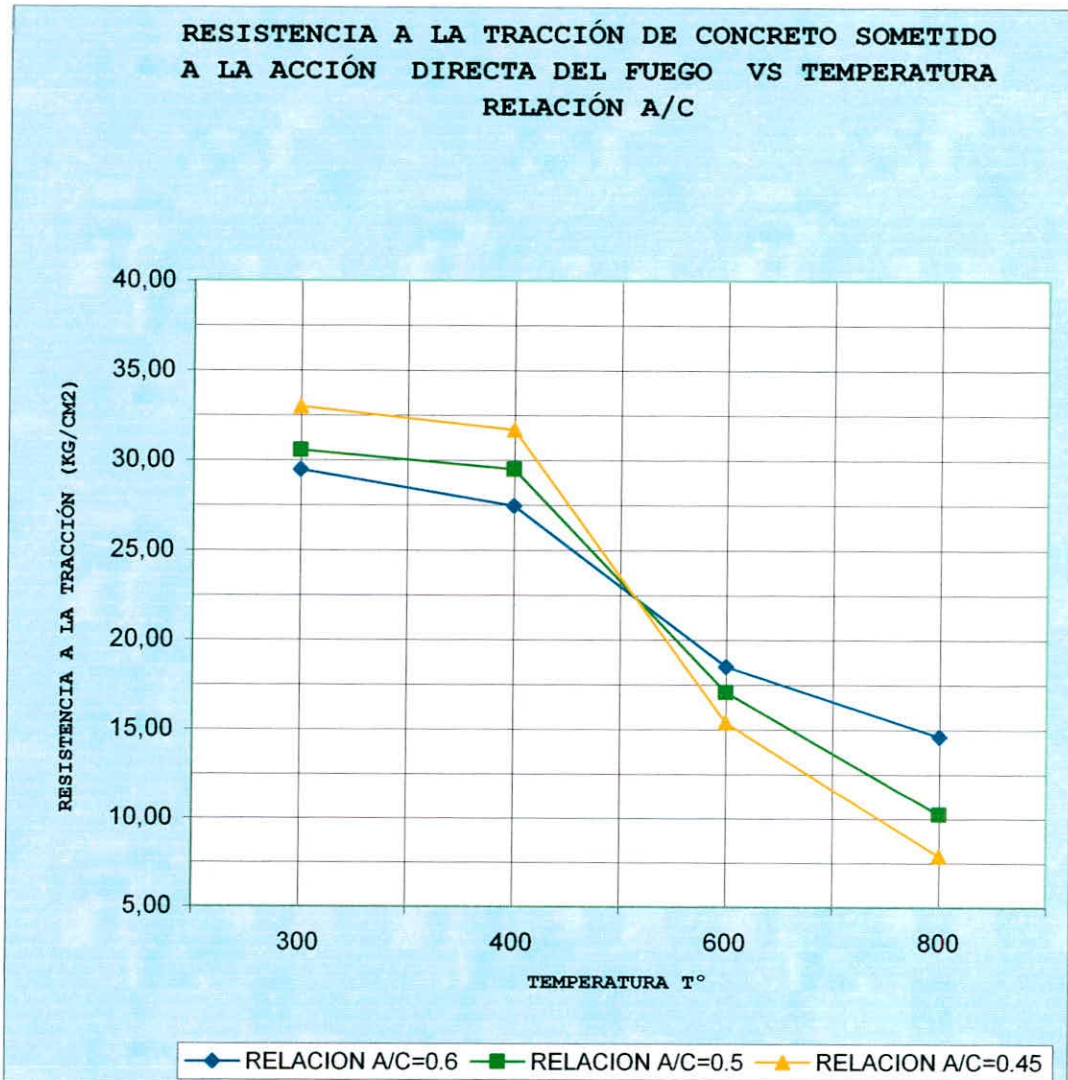


RELACIÓN A/C = 0,45	
T °	f _{ct}
300	33.00
400	31.69
600	15.40
800	7.90

En este gráfico 7.3.2.3 también se demuestra que un concreto normal expuesto al fuego la resistencia es inversamente proporcional al aumento de la temperatura es decir que a mayor temperatura la resistencia del concreto baja; el gráfico aunque presenta una curva suave aun tiende a ser lineal si lo dividimos en tres partes las cuales están limitadas por la temperatura, lo que en este caso trae como consecuencia una tasa proporcional de disminución de la resistencia de 0.037 kg/cm^2 en el primer tramo de 365 °C a 400 °C por cada 1 °C de aumento de la temperatura, para el segundo tramo de 400 °C a 600 °C la tasa de disminución es de $0,081 \text{ kg/cm}^2$ por cada 1 °C de aumento de la temperatura y en el tercer tramo de 600 °C a 800 °C muestra una tasa de disminución de la resistencia de 0.038 kg/cm^2 ; pues queda a responsabilidad del profesional que maneje esta información, la revisión y actualización continua, acorde con el avance tecnológico de aceptación internacional, así como de su uso e interpretación.

7.3.2.4 GRÁFICO GENERAL DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO DE LAS 3 RELACIONES a/c A DIFERENTES TEMPERATURAS.

GRÁFICO 7.3.2.4



Este grafico general 7.3.2.4 muestra el comportamiento de las tres relaciones de concreto empleadas en nuestra investigación ante las distintas temperaturas sometidas.



Analizaremos este gráfico en dos zonas que se pueden apreciar claramente al interceptar las curvas de las diferentes relaciones agua/cemento, siendo la intercepción el termino medio de las probetas a los 515 °C pues antes y después suceden fenómenos diferentes.

Puede verse que hasta los 515 °C los concretos conservan las características del concreto patrón en tracción, pero con resultados decrecientes, pues los concretos más densos alcanzan mejores resistencias a la compresión lo que ya fue analizado anterior e independientemente, a partir del momento en que se alcanzan los 515 °C en donde la resistencia a la tracción promedio de los concretos expuestos al fuego es de 22.5 kg/cm², los concretos mas densos son los que fallan cuando la temperatura es aumentada, luego después de los 515 °C, los concretos menos densos son los que alcanzan mejores resistencias, esto se debe a que la pasta pierde paulatinamente su efecto en la resistencia del concreto pues la probetas de menor relación agua/cemento contienen una mayor concentración de pasta (lo que en condiciones normales la resistencia en tracción es mayor), y en la transición o interfase el agregado es el que prima en la resistencia, luego a una mayor cantidad de agregado mayor es la resistencia del concreto lo cual solo sucede en el momento que se alcanzan los 515 °C de temperatura. Es fundamental aquí la granulometría de los agregados ya que como se sabe puede ser muy variable y es muy probable que el rango de 500 °C para los ensayos en compresión a 515 °C para los ensayos en tracción sea variable, pero la pequeña diferencia que existe entre estas características nos permite afirmar que en promedio a los 500 °C los concretos mas densos (ricos en



cemento) son los que pierden sus propiedades mecánicas en una tasa mucho mas acelerada que los concretos de menor densidad.

7.3.3 CUADRO DE RESUMEN GENERAL DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO.

TABLA 7.3.3

CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO												
TEMPERATURA	300°C			400°C			600°C			800°C		
RELACIÓN A/C	0.60	0.50	0.45	0.60	0.50	0.45	0.60	0.50	0.45	0.60	0.50	0.45
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	295.71	332.16	347.14	270.84	301.29	313.25	202.43	176.49	159.83	120.09	92.28	70.64
RESISTENCIA A TRACCIÓN (kg/cm²)	29.47	30.57	33.00	27.46	29.50	31.69	18.52	17.10	15.40	14.62	10.25	7.90

Fuente: Ensayos realizados por tesisistas

7.4 VARIACIÓN PORCENTUAL DE LAS PROBETAS DE CONCRETO PATRÓN VS CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO.

7.4.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRÓN VS CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO.

A continuación presentamos los gráficos de la variación porcentual de la resistencia del concreto patrón y el concreto sometido a la acción directa del fuego en función de la relación agua / cemento.



GRÁFICO 7.4.1.1

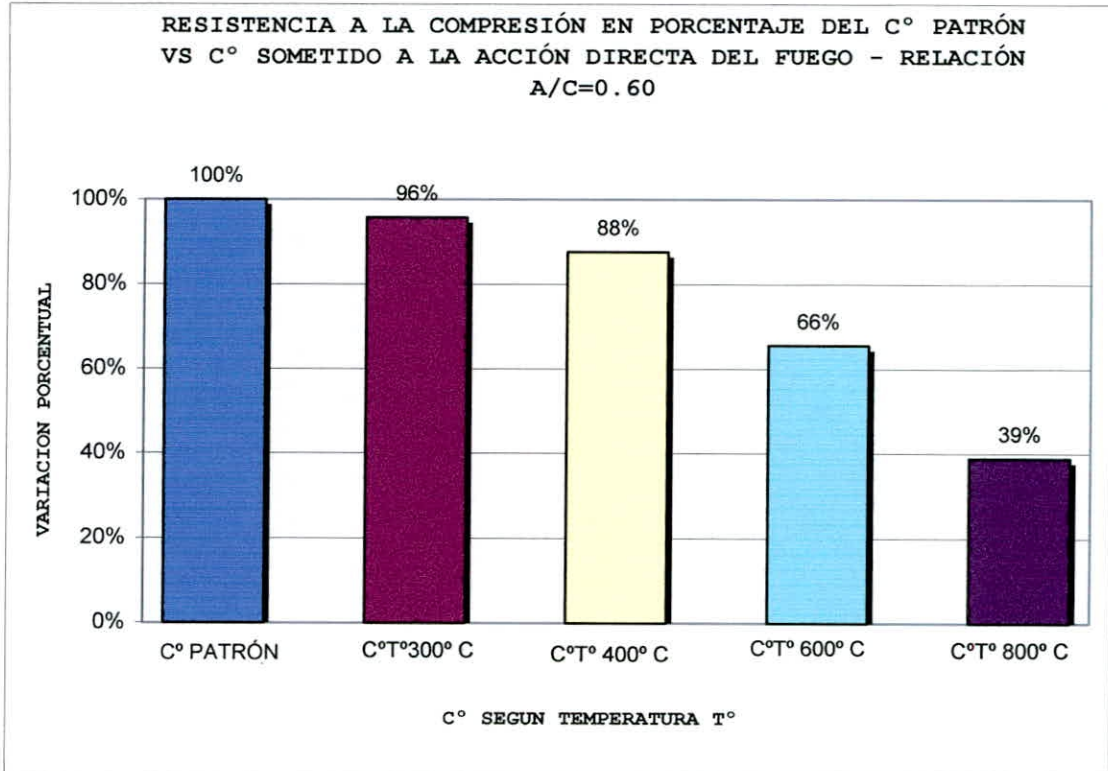


GRÁFICO 7.4.1.2

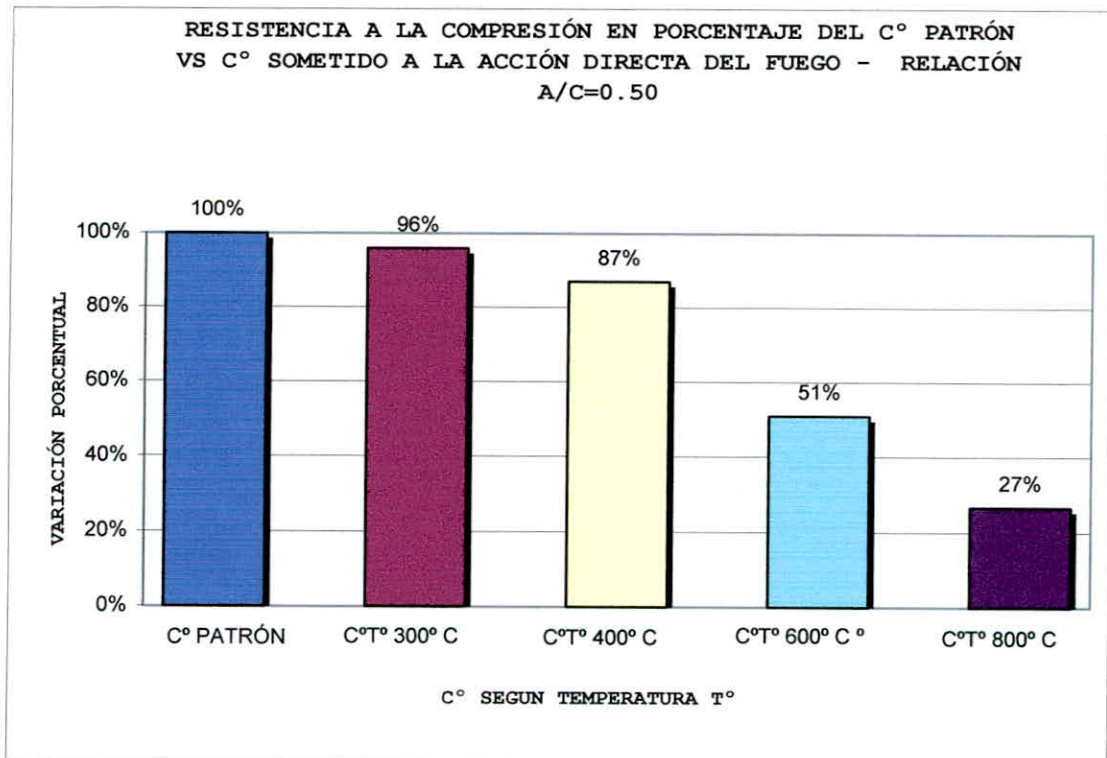
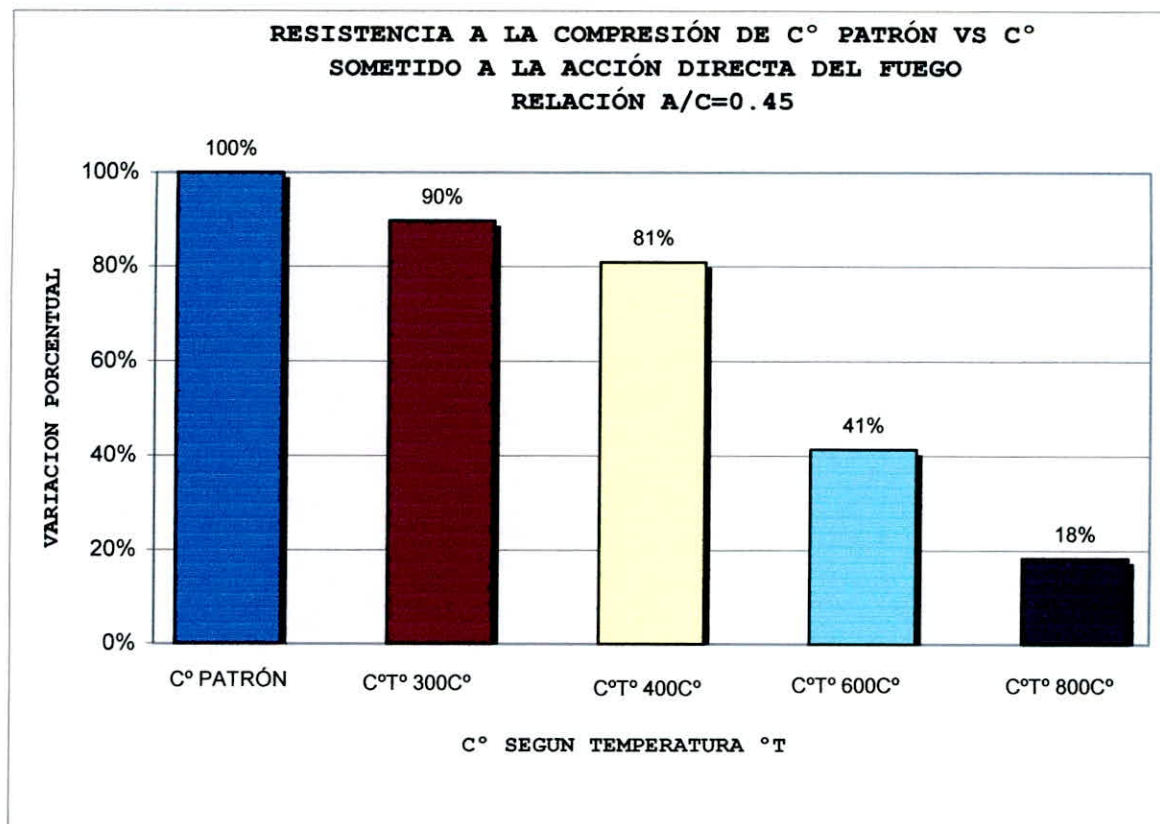




GRÁFICO 7.4.1.3



**TABLA RESUMEN DE F'C EN PORCENTAJE DEL CONCRETO
PATRÓN VS CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DIRECTA
DEL FUEGO.**

TABLA 7.4.1.4

RELACIÓN A/C	0.60		0.50		0.45	
	F'c (kg/cm²)	%	F'c (kg/cm²)	%	F'c (kg/cm²)	%
CONCRETO PATRÓN (KG/CM ²)	308.95	100 %	346.69	100 %	386.68	100 %
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 300 °C	295.71	96 %	332.16	96 %	347.14	90 %
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 400 °C	270.84	88 %	301.29	87 %	313.25	81 %
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 600 °C	202.43	66 %	176.49	51 %	159.83	41 %
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 800 °C	120.09	39 %	92.28	27 %	70.64	18 %

Fuente: Ensayos realizados por testistas



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil
“Variación De Las Resistencias Mecánicas del Concreto Ante La Acción Del Fuego”

Se puede observar según los gráficos 7.4.1.1, 7.4.1.2, 7.4.1.3, y la tabla 7.4.1.4 que para las relaciones a/c de 0.45, 0.50 y 0.60, variaciones porcentuales de la resistencia a la compresión de las probetas sometidas a la acción del fuego con respecto al valor patrón se comportan de la siguiente manera:

- Para la relación a/c de 0.45 la resistencia a la compresión con respecto del valor patrón; disminuye en un 10 % para la temperatura de 300 ° C, 19 % para la temperatura de 400° C, en un 59 % para la temperatura de 600° C y en un 82 % para la temperatura de 800° C.
- Para la relación a/c de 0.50 la resistencia a la compresión con respecto del valor patrón disminuye en un 4 % para la temperatura de 300 ° C, 13 % para la temperatura de 400° C, en un 73 % para la temperatura de 600° C y en un 82 % para la temperatura de 800° C.
- Para la relación a/c de 0.60 la resistencia a la compresión con respecto del valor patrón disminuye en un 4 % para la temperatura de 300 ° C, 12 % para la temperatura de 400° C, en un 34 % para la temperatura de 600° C y en un 61 % para la temperatura de 800° C.
- Podemos afirmar que el tiempo aproximado en que se llega a la temperatura de 300° C es de 35 minutos, para la temperatura de 400° C es de 50 minutos, para la temperatura de 600° C es de 1 hora y 10 minutos y para la temperatura de 800° C es de 2 horas y 15 minutos.
- Por lo tanto podemos afirmar que la resistencia, para la relación a/c = 0.45 y a/c = 0.50, en un inicio es alta pero conforme va aumentando la temperatura su resistencia a la compresión varía notablemente al final de las etapas de quema, siendo las mas resistentes a la influencia del fuego al final de un incendio, los



concretos de baja resistencia, en este caso la relación $a / c = 0.60$, como podemos observar en la Tabla 7.4.1.4.

7.4.2 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN F'_t DEL CONCRETO PATRÓN VS CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO.

A continuación presentamos los cuadros en gráficos de barras los que nos indican la variación porcentual de la resistencia a la tracción del concreto patrón y el concreto sometido a la acción directa del fuego en función de la relación agua/cemento, para los análisis necesarios.

GRÁFICO 7.4.2.1

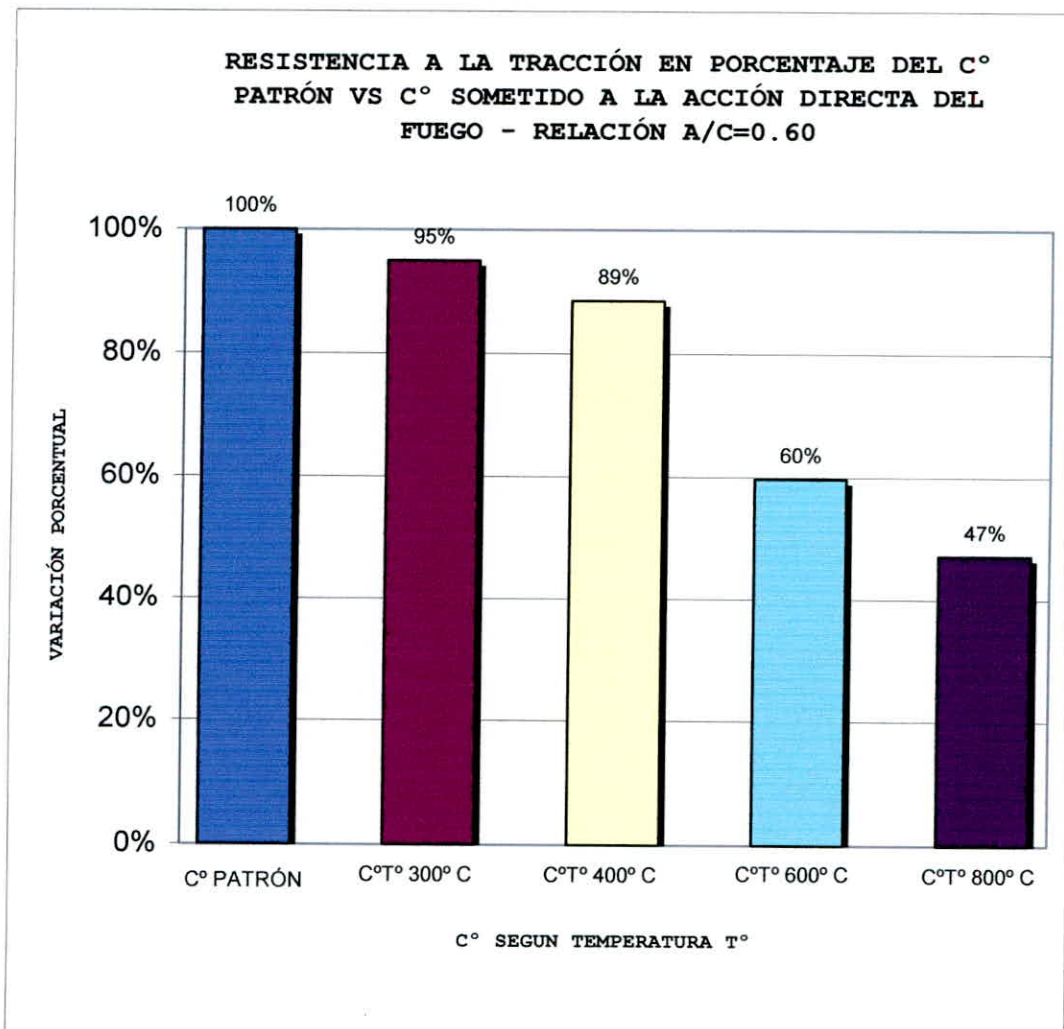




GRÁFICO 7.4.2.2

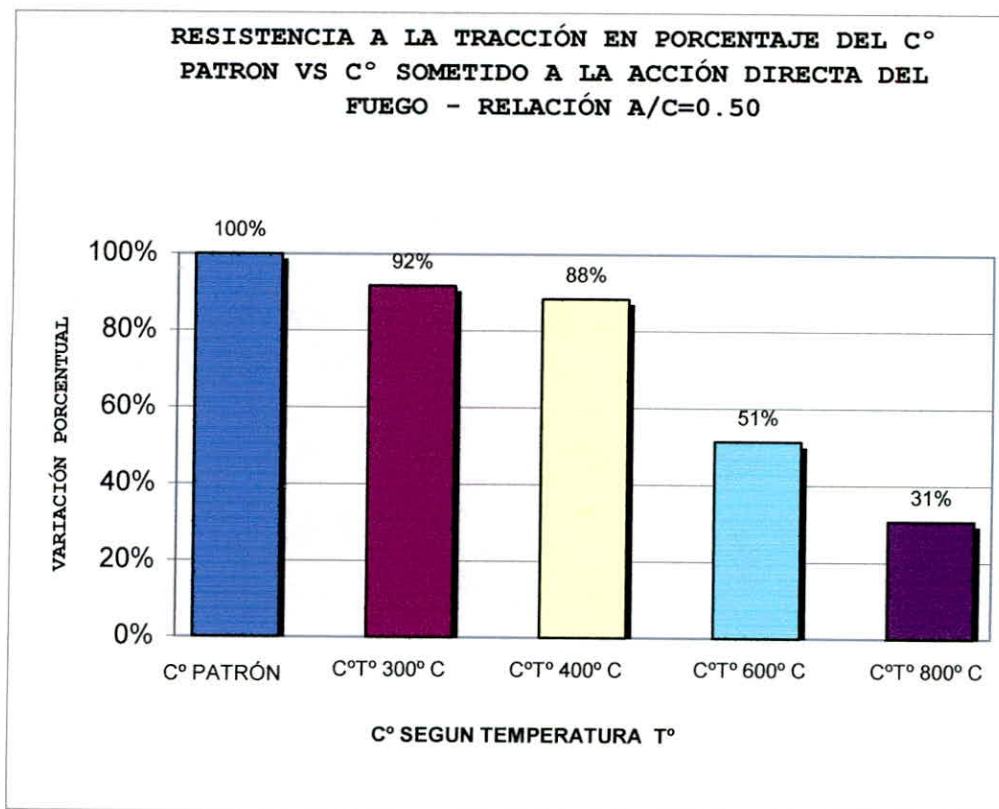
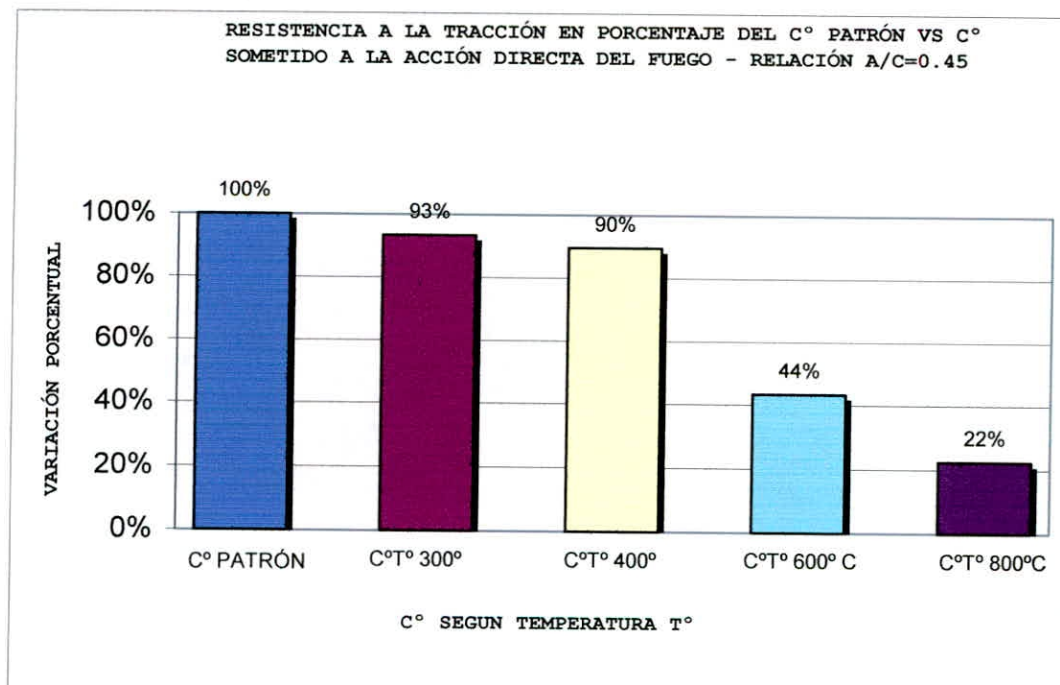


GRÁFICO 7.4.2.3





**TABLA RESUMEN DE F_t EN PORCENTAJE DEL CONCRETO PATRÓN VS
CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DIRECTA DEL FUEGO.**

TABLA 7.4.2

RELACIÓN A/C	0.60		0.50		0.45	
CONCRETO PATRÓN (KG/CM²)	31.02	100 %	33.36	100 %	35.35	100 %
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 300 °C	29.47	95 %	30.57	92 %	33.00	93 %
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 400 °C	27.46	89 %	29.50	88 %	31.69	90 %
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 600 °C	18.52	60 %	17.10	51 %	15.40	44 %
CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO T° 800 °C	14.62	47 %	10.25	31 %	7.90	22 %

Fuente: Ensayos realizados por testistas



CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- La falla del concreto por acción del fuego es debida principalmente a la acción opuesta entre la pasta, la cual tiende a contraerse debido a la perdida de humedad lo que puede comprobarse con la disminución de los diámetros en los cilindros de concreto, y del agregado el cual de acuerdo a su composición mineralógica se expande con el incremento de la temperatura, lo que ocasiona agrietamiento y descascaramiento, lo que produce un desprendimiento explosivo del concreto. Aunque en el presente informe no se estudia al acero es lógico que las consecuencias anteriores de agrietamiento y descascaramiento expondrían al acero de refuerzo a la acción del fuego.
- En cuanto a la pasta es imposible detener la pérdida de humedad por la exposición al fuego, pero el tipo de agregado que también tiene influencia importante sobre la resistencia al fuego de las estructuras puede ser controlado o seleccionado.
- Por los resultados hallados nos permitimos concluir que los concretos expuestos al fuego de mayor resistencia tanto en compresión como en tracción con respecto a los de menor resistencia, tienen menor influencia a la resistencia del fuego luego de los 500 °C, luego es lo mismo decir que para concretos con relaciones a/c bajas se llega a mayores resistencias a la compresión así como en tracción en concretos expuestos al fuego, esto es conclusión del mayor contenido de cemento por metro cúbico, lo cual sólo se cumple hasta los 500



°C, se cree que luego el factor predominante en la resistencia son los agregados, no nos permitimos generalizar porque este estudio se realizó con tres relaciones de agua/cemento y una sola cantera de agregados tanto para la arena como para la piedra.

- Puede apreciarse que el deterioro es muy rápido para temperaturas superiores a los 300 °C
- El concreto se ve afectado por el fuego y según las temperaturas alcanzadas sufre una serie de cambios de coloración, de 0 °C-300 °C presenta un gris natural pues aun no ha perdido sus propiedades de resistencia, de 300 °C a 600 °C presenta un color rosa, de 600 °C-900 °C un gris claro y de 900 a más un blanco o amarillo claro.
- En el proceso de quemado observamos que a los 10 minutos, el agua de hidratación del concreto tiende a perderse debido a la absorción del calor al evaporarse el agua, lo que se comprueba con una pérdida promedio en el peso de 850 gr. en una temperatura de 300° C, 900 gr. en una temperatura de 400° C, 1,000 gr. en una temperatura de 600° C Y 1,200 gr. en una temperatura de 800° C, el diámetro de la probetas también sufre pequeñas variaciones al ser sometidas al fuego ya sea de expandirse ó contraerse en los lados; según estudios se especifica que, el concreto al perder el agua de hidratación mejora sus propiedades aislante lo cual nos implica que el concreto estará en los incendios un poco aislado de la influencia del fuego en los primeros minutos de quemado (Fuente: CONCRETE-CONSTRUCCIÓN Volumen 19 - N° 8 - CAPITULO II). Desafortunadamente este aspecto positivo va acompañado de



una dilatación y evaporación del agua de los poros aislados, lo que produce desprendimientos explosivos del concreto

- Se puede apreciar según los gráficos 7.4.2.1, 7.4.2.2, 7.4.2.3, y la tabla 7.4.2 que para las relaciones a/c de 0.45, 0.50 y 0.60, la resistencia a la tracción del concreto patrón respecto al concreto sometido al fuego, disminuye conforme aumenta la Temperatura llegando a ser sus resultados muy bajos con respecto al valor patrón. Por lo tanto concluyó:

Para la relación a/c de 0.45 la resistencia a la compresión con respecto del valor patrón disminuye en un 7 % para la temperatura de 300 ° C, 10 % para la temperatura de 400° C, en un 56 % para la temperatura de 600° C y en un 78 % para la temperatura de 800° C.

Para la relación a/c de 0.50 la resistencia a la compresión con respecto del valor patrón disminuye en un 8 % para la temperatura de 300 ° C, 24 % para la temperatura de 400° C, en un 49 % para la temperatura de 600° C y en un 69 % para la temperatura de 800° C.

Para la relación a/c de 0.60 la resistencia a la compresión con respecto del valor patrón disminuye en un 5 % para la temperatura de 300 ° C, 11 % para la temperatura de 400° C, en un 40 % para la temperatura de 600° C y en un 53 % para la temperatura de 800° C.



8.2 RECOMENDACIONES

- El agrietamiento y descascaramiento produce un desprendimiento explosivo del concreto aquí es fundamental el espesor del recubrimiento el cual debe controlarse desde el vaciado en obra.
- El tipo de agregado tiene influencia sobre la resistencia al fuego, siendo los más recomendables aquellos que han estado sometidos a la acción del calor durante su formación, estos son pues las escorias de alto horno, agregados calcáreos, o agregados de origen ígneo, los cuales se comportan mejor que los agregados silicosos de origen sedimentario o metamórfico. Ello se debe a que los materiales mas livianos reducen la conductividad térmica del concreto aislándolo mejor de la fuente de calor. Igualmente las escorias de alto horno son más resistentes al fuego debido a que son livianas y tienen estabilidad mineral en altas temperaturas. Luego podemos asegurar que los concretos preparados con agregados livianos tienen una mejor resistencia al fuego que los preparados con agregados de peso normal.
- La provisión de seguridad al fuego en edificios consistirá básicamente en seleccionar o diseñar elementos de suficiente resistencia al fuego. Los requisitos de resistencia al fuego son especificados en algunos códigos de edificación. Estos requerimientos están basados principalmente en valores tradicionales o en duras aproximaciones de severidad (potencial destructivo) esperada del fuego, asumiendo que es proporcional a la cantidad de material presente en el edificio. Se recomienda darle importancia a estos códigos de



presente en el edificio. Se recomienda darle importancia a estos códigos de seguridad al fuego en edificaciones ya que esto podría prevenir pérdidas económicas y principalmente humanas.

- Cuando el concreto experimenta altas temperaturas el componente que más perjuicios causa es la cal libre. Este elemento aparece en los concretos en una gran proporción, ya que es uno de los principales productos de la hidratación del cemento. La cal libre se presenta en la forma de hidróxido de calcio en concretos nuevos y como carbonato cálcico en concretos viejos. Cuando el concreto se somete a altas temperaturas, el hidróxido de calcio se descompone en óxido y agua. El agua ejerce presiones que fisuran el concreto llegando a disminuir su resistencia mecánica. A medida que aumenta la temperatura, el carbonato se descompone en óxido de calcio y anhídrido carbónico, gas que produce el mismo efecto que el vapor de agua, pues si la tasa de calentamiento es alta y la permeabilidad de la pasta del cemento es baja, pueden ocurrir daños bajo el concreto en forma de descascaramiento superficial. Por tanto, la propuesta para mejorar el comportamiento de la pasta de concreto es minimizar el óxido de calcio libre. Con ese propósito la vía más idónea es transformándolo en aluminato de calcio, mediante la adición de puzolanas base alúmina que mejoran la condición refractaria del concreto.



BIBLIOGRAFIA



BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Estructuras de concreto resistentes al fuego; Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1981.
2. Wilson Silva, Daniel Torrealva, Luis Zegarra, Determinación de la Resistencia al Fuego de Estructuras de Concreto Armado; Departamento de ingeniería Pontificia Universidad Católica del Perú. 2000.
3. Instituto de Ingeniería de UNAM, Manual de Tecnología del Concreto -Sección 2- Concreto Fresco y en Curso de Endurecimiento; Editorial Limusa S.A.; México, 2000.
4. MURDOCK L. J., Elaboración de Concreto y sus Aplicaciones; Editorial Continental S.A., México, 1998.
5. PASQUEL Enrique, Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Lima – Perú, 1996.
6. RIVVA LÓPEZ Enrique, Diseño de Mezclas; Editorial Hozlo S.C.R.L., Perú, 1999.
7. GAVELÁN LINO Edith Patricia - VARGAS GOICOCHEA Sonia, Evaluación de Canteras para Obras Civiles en la Provincia del Santa; Editorial Tesis de Grado; Nuevo Chimbote – Perú, 2003.
8. ABANTO CASTILLO Flavio, "Tecnología del Concreto"; Editorial San Marcos 2003.



ANEXOS

**ANEXO I:
ROTURA DE PROBETAS**



U.N.S
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "VARIACIÓN DE LAS RESISTENCIAS MECÁNICAS DEL CONCRETO
ANTE LA ACCIÓN DEL FUEGO"

Tesistas: Bach. Lavado Enriquez Juana M.
Bach. Lavado Enriquez Luzvenia M.

Ubicación : CHIMBOTE

Fecha : Diciembre - 2004

Ensayo : ROTURA DE PROBETAS

Muestra : Probetas Cilíndricas


Prensa : Manual - Hidráulica

Técnico : Pool Rain Aguilar Olguin

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO PATRÓN

Relación a/c	Probeta Nº	Fecha		Edad (días)	d (cm)	Lectura (Knewton)	Resist. Comp. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio (Kg/cm ²)
		Modelo	Rotura					
0,60	A	18/10/2004	09/12/2004	50	15,10	546	310,96	308,95
	B	18/10/2004	09/12/2004	50	15,00	532	307,04	
	C	18/10/2004	09/12/2004	50	14,90	528	308,83	
	D	18/10/2004	09/12/2004	50	15,05	540	309,59	
	E	18/10/2004	09/12/2004	50	15,09	544	310,23	
	F	18/10/2004	09/12/2004	50	15,00	532	307,04	
0,50	A	13/10/2004	03/12/2004	50	14,90	610	356,80	346,69
	B	13/10/2004	03/12/2004	50	15,00	582	335,89	
	C	13/10/2004	03/12/2004	50	15,00	646	372,83	
	D	13/10/2004	03/12/2004	50	14,90	612	357,97	
	E	13/10/2004	03/12/2004	50	15,35	600	330,67	
	F	13/10/2004	03/12/2004	50	15,20	580	325,99	
0,45	A	29/09/2004	19/11/2004	50	14,90	648	379,02	386,68
	B	29/09/2004	19/11/2004	50	14,90	694	405,93	
	C	29/09/2004	19/11/2004	50	15,20	720	404,68	
	D	29/09/2004	19/11/2004	50	15,00	666	384,37	
	E	29/09/2004	19/11/2004	50	15,20	660	370,95	
	F	29/09/2004	19/11/2004	50	15,00	650	375,14	

Jefe de Laboratorio


V. B.º Tec. Lab. Mec. Suelos
y Ensayo a Mat.



U.N.S
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "VARIACIÓN DE LAS RESISTENCIAS MECÁNICAS DEL CONCRETO
ANTE LA ACCIÓN DEL FUEGO"

Tesistas: Bach. Lavado Enriquez Juana M.
Bach. Lavado Enriquez Luzvenia M.

Ubicación : CHIMBOTE

Fecha : Diciembre - 2004

Ensayo : ROTURA DE PROBETAS

Muestra : Probetas Cilíndricas

Prensa : Manual - Hidráulica

Técnico : Pool Rain Aguilar Olguín

1. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DIAMETRAL - ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO PATRÓN

Relación a/c	Probeta Nº	Fecha		Edad (días)	Diámetro (cm)	Lectura (Knewton)	Resist. Comp. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio (Kg/cm ²)
		Modelo	Rotura					
0,60	A	18/10/2004	09/12/2004	40	14,90	228	32,60	31,02
	B	18/10/2004	09/12/2004	40	15,00	222	31,53	
	C	18/10/2004	09/12/2004	40	15,20	210	29,43	
	D	18/10/2004	09/12/2004	40	15,00	205	29,11	
	E	18/10/2004	09/12/2004	40	15,20	230	32,23	
	F	18/10/2004	09/12/2004	40	15,00	220	31,24	
0,50	A	13/10/2004	03/12/2004	40	15,10	234	33,01	33,4
	B	13/10/2004	03/12/2004	40	15,00	260	36,92	
	C	13/10/2004	03/12/2004	40	15,00	228	32,38	
	D	13/10/2004	03/12/2004	40	15,10	250	35,27	
	E	13/10/2004	03/12/2004	40	15,00	220	31,24	
	F	13/10/2004	03/12/2004	40	15,50	226	31,33	
0,45	A	29/09/2004	19/11/2004	40	15,00	245	34,79	35,35
	B	29/09/2004	19/11/2004	40	15,30	250	34,81	
	C	29/09/2004	19/11/2004	40	15,30	230	32,02	
	D	29/09/2004	19/11/2004	40	15,20	255	35,74	
	E	29/09/2004	19/11/2004	40	15,10	280	39,50	
	F	29/09/2004	19/11/2004	40	15,10	250	35,27	

Jefe de Laboratorio

VºBº Tec. Lab. Mec. Suelos
y Ensayo Mat.



U.N.S
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS :	VARIACIÓN DE LAS RESISTENCIAS MECÁNICAS DEL CONCRETO ANTE LA ACCIÓN DEL FUEGO"	Tesistas:	Bach. Lavado Enriquez Juana M. Bach. Lavado Enriquez Luzvenia M.
Ubicación :	CHIMBOTE	Fecha :	Diciembre - 2004
Ensayo :	ROTURA DE PROBETAS	Muestra :	Probetas Cilíndricas
Prensa :	Manual - Hidráulica		
Técnico :	Pool Rain Aguilar Olguín		

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DEL FUEGO T = 300° C

Relación a/c	Probeta N°	Fecha		Edad (días)	d (cm)	Lectura (Knewton)	Resist. Comp. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio (Kg/cm ²)
		Modelo	Rotura					
0,60	A	19/10/2004	13/12/2004	50	15,10	518	295,01	295,71
	B	19/10/2004	13/12/2004	50	15,10	492	280,20	
	C	19/10/2004	13/12/2004	50	15,05	535	306,72	
	D	19/10/2004	13/12/2004	50	15,10	524	298,43	
	E	19/10/2004	13/12/2004	50	15,35	520	286,58	
	F	19/10/2004	13/12/2004	50	15,20	482	270,91	
	G	19/10/2004	13/12/2004	50	15,30	510	282,91	
	H	19/10/2004	13/12/2004	50	15,20	528	296,76	
	I	19/10/2004	13/12/2004	50	15,10	542	308,68	
	J	19/10/2004	13/12/2004	50	15,00	533	307,61	
	K	19/10/2004	13/12/2004	50	15,00	547	315,69	
	L	19/10/2004	13/12/2004	50	15,10	525	299,00	
0,50	A	14/10/2004	03/12/2004	50	15,50	605	327,00	332,16
	B	14/10/2004	03/12/2004	50	15,10	584	332,60	
	C	14/10/2004	03/12/2004	50	15,40	620	339,48	
	D	14/10/2004	03/12/2004	50	15,05	578	331,37	
	E	14/10/2004	03/12/2004	50	15,10	560	318,93	
	F	14/10/2004	03/12/2004	50	15,05	569	326,21	
	G	14/10/2004	03/12/2004	50	15,10	587	334,31	
	H	14/10/2004	03/12/2004	50	15,10	593	337,72	
	I	14/10/2004	03/12/2004	50	15,20	614	345,10	
	J	14/10/2004	03/12/2004	50	15,05	595	341,12	
	K	14/10/2004	03/12/2004	50	15,10	580	330,32	
	L	14/10/2004	03/12/2004	50	15,10	565	321,78	
0,45	A	30/09/2004	01/12/2004	50	15,20	590	331,61	347,14
	B	30/09/2004	01/12/2004	50	15,15	622	351,91	
	C	30/09/2004	01/12/2004	50	15,30	542	300,66	
	D	30/09/2004	01/12/2004	50	15,10	666	379,30	
	E	30/09/2004	01/12/2004	50	15,00	642	370,52	
	F	30/09/2004	01/12/2004	50	15,10	611	347,98	
	G	30/09/2004	01/12/2004	50	15,05	600	343,99	
	H	30/09/2004	01/12/2004	50	15,00	650	378,60	
	I	30/09/2004	01/12/2004	50	15,05	635	364,05	
	J	30/09/2004	01/12/2004	50	15,15	570	322,49	
	K	30/09/2004	01/12/2004	50	15,10	560	318,93	
	L	30/09/2004	01/12/2004	50	15,25	637	355,68	

Jefe de Laboratorio

Aguilar
UoB° Tec Lab. Mec. Suelos
y Ensayo Mat.



U.N.S
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "VARIACIÓN DE LAS RESISTENCIAS MECÁNICAS DEL CONCRETO ANTE LA ACCIÓN DEL FUEGO"

Tesisistas: Bach. Lavado Enriquez Juana M.
Bach. Lavado Enriquez Luzvenia M.

Ubicación : CHIMBOTE

Fecha : Diciembre - 2004

Ensayo : ROTURA DE PROBETAS

Muestra : Probetas Cilíndricas

Prensa : Manual - Hidráulica

Técnico : Pool Rain Aguilar Olguín

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DEL FUEGO T = 400° C

Relación a/c	Probeta N°	Fecha		Edad (días)	d (cm)	Lectura (Knewton)	Resist. Comp. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio (Kg/cm ²)
		Modelo	Rotura					
0,60	A	20/10/2004	13/12/2004	50	15,10	472	268,81	270,84
	B	20/10/2004	13/12/2004	50	14,90	470	274,91	
	C	20/10/2004	13/12/2004	50	15,30	482	267,38	
	D	20/10/2004	13/12/2004	50	15,40	475	260,08	
	E	20/10/2004	13/12/2004	50	14,70	467	280,64	
	F	20/10/2004	13/12/2004	50	14,95	474	275,40	
	G	20/10/2004	13/12/2004	50	15,10	470	267,67	
	H	20/10/2004	13/12/2004	50	15,05	468	268,31	
	I	20/10/2004	13/12/2004	50	15,05	480	275,19	
	J	20/10/2004	13/12/2004	50	15,10	477	271,66	
	K	20/10/2004	13/12/2004	50	15,00	485	279,91	
	L	20/10/2004	13/12/2004	50	15,40	475	260,08	
0,50	A	15/10/2004	03/12/2004	50	15,00	530	305,88	301,29
	B	15/10/2004	03/12/2004	50	14,90	528	308,83	
	C	15/10/2004	03/12/2004	50	15,25	537	299,84	
	D	15/10/2004	03/12/2004	50	15,00	526	300,11	
	E	15/10/2004	03/12/2004	50	15,10	527	300,14	
	F	15/10/2004	03/12/2004	50	15,15	525	297,03	
	G	15/10/2004	03/12/2004	50	15,10	534	304,12	
	H	15/10/2004	03/12/2004	50	15,05	536	307,29	
	I	15/10/2004	03/12/2004	50	15,00	531	306,46	
	J	15/10/2004	03/12/2004	50	15,10	526	299,57	
	K	15/10/2004	03/12/2004	50	15,00	525	303,00	
	L	15/10/2004	03/12/2004	50	15,50	524	283,22	
0,45	A	01/10/2004	02/12/2004	50	15,20	545	306,32	313,25
	B	01/10/2004	02/12/2004	50	15,10	553	314,94	
	C	01/10/2004	02/12/2004	50	15,00	558	322,04	
	D	01/10/2004	02/12/2004	50	15,00	558	322,04	
	E	01/10/2004	02/12/2004	50	15,10	550	313,23	
	F	01/10/2004	02/12/2004	50	15,10	564	321,21	
	G	01/10/2004	02/12/2004	50	15,15	553	312,87	
	H	01/10/2004	02/12/2004	50	15,10	552	314,37	
	I	01/10/2004	02/12/2004	50	15,05	548	314,17	
	J	01/10/2004	02/12/2004	50	15,10	550	313,23	
	K	01/10/2004	02/12/2004	50	15,00	540	311,65	
	L	01/10/2004	02/12/2004	50	15,50	542	292,95	

Jefe de Laboratorio

V.B. Tec. Lab. Mec. Suelos
Y Ensayo Mat.



U.N.S
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "VARIACIÓN DE LAS RESISTENCIAS MECÁNICAS DEL CONCRETO ANTE LA ACCIÓN DEL FUEGO"

Tesistas: Bach. Lavado Enriquez Juana M.
Bach. Lavado Enriquez Luzvenia M.

Ubicación : CHIMBOTE

Fecha : Diciembre - 2004

Ensayo : ROTURA DE PROBETAS

Muestra : Probetas Cilíndricas

Prensa : Manual - Hidráulica

Técnico : Pool Rain Aguilar Olguín

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DEL FUEGO T = 600° C

Relación a/c	Probeta N°	Fecha		Edad (días)	d (cm)	Lectura (Knewton)	Resist. Comp. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio (Kg/cm ²)
		Modelo	Rotura					
0,60	A	21/10/2004	13/12/2004	50	15,40	354	193,83	202,43
	B	21/10/2004	13/12/2004	50	15,10	363	206,74	
	C	21/10/2004	13/12/2004	50	15,00	350	202,00	
	D	21/10/2004	13/12/2004	50	15,20	368	206,83	
	E	21/10/2004	13/12/2004	50	15,10	359	204,46	
	F	21/10/2004	13/12/2004	50	15,00	358	206,61	
	G	21/10/2004	13/12/2004	50	15,35	355	195,65	
	H	21/10/2004	13/12/2004	50	15,20	350	196,72	
	I	21/10/2004	13/12/2004	50	15,20	365	205,15	
	J	21/10/2004	13/12/2004	50	15,00	360	207,77	
	K	21/10/2004	13/12/2004	50	15,10	355	202,18	
	L	21/10/2004	13/12/2004	50	15,20	358	201,21	
0,50	A	18/10/2004	10/12/2004	50	15,30	320	177,51	176,49
	B	18/10/2004	10/12/2004	50	15,20	315	177,05	
	C	18/10/2004	10/12/2004	50	15,20	310	174,24	
	D	18/10/2004	10/12/2004	50	15,30	312	173,07	
	E	18/10/2004	10/12/2004	50	15,05	314	180,02	
	F	18/10/2004	10/12/2004	50	15,20	317	178,17	
	G	18/10/2004	10/12/2004	50	15,35	322	177,46	
	H	18/10/2004	10/12/2004	50	15,20	308	173,11	
	I	18/10/2004	10/12/2004	50	15,20	317	178,17	
	J	18/10/2004	10/12/2004	50	15,00	305	176,03	
	K	18/10/2004	10/12/2004	50	15,10	309	175,98	
	L	18/10/2004	10/12/2004	50	15,20	315	177,05	
0,45	A	04/10/2004	02/12/2004	50	15,10	285	162,31	159,83
	B	04/10/2004	02/12/2004	50	15,20	280	157,37	
	C	04/10/2004	02/12/2004	50	15,20	279	156,81	
	D	04/10/2004	02/12/2004	50	15,00	284	163,91	
	E	04/10/2004	02/12/2004	50	15,05	286	163,97	
	F	04/10/2004	02/12/2004	50	15,10	283	161,17	
	G	04/10/2004	02/12/2004	50	15,00	276	159,29	
	H	04/10/2004	02/12/2004	50	15,05	275	157,66	
	I	04/10/2004	02/12/2004	50	15,05	277	158,81	
	J	04/10/2004	02/12/2004	50	15,10	274	156,05	
	K	04/10/2004	02/12/2004	50	15,00	288	166,22	
	L	04/10/2004	02/12/2004	50	15,40	282	154,41	

Jefe de Laboratorio

Agg
U°B° Tec. Lab. mec. suelos
y ensayo Mat.



U.N.S
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : VARIACIÓN DE LAS RESISTENCIAS MECÁNICAS DEL CONCRETO

ANTE LA ACCIÓN DEL FUEGO*

Tesistas: Bach. Lavado Enriquez Juana M.
Bach. Lavado Enriquez Luzvenia M.

Ubicación : CHIMBOTE

Ensayo : ROTURA DE PROBETAS

Fecha : Diciembre - 2004

Prentsa : Manual - Hidráulica

Técnico : Pool Rain Aguilar Olguín

Muestra : Probetas Cilíndricas

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO SOMETIDO A LA ACCIÓN DEL FUEGO T = 800° C.

Relación a/c	Probeta Nº	Fecha		Edad (días)	d (cm)	Lectura (Knewton)	Resist. Comp. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio (Kg/cm ²)
		Modelo	Rotura					
0,60	A	22/10/2004	13/12/2004	50	14,60	230	140,11	120,09
	B	22/10/2004	13/12/2004	50	14,30	210	133,35	
	C	22/10/2004	13/12/2004	50	15,30	224	124,26	
	D	22/10/2004	13/12/2004	50	15,10	200	113,90	
	E	22/10/2004	13/12/2004	50	15,00	204	117,74	
	F	22/10/2004	13/12/2004	50	15,15	181	102,40	
	G	22/10/2004	13/12/2004	50	15,50	240	129,72	
	H	22/10/2004	13/12/2004	50	15,10	220	125,29	
	I	22/10/2004	13/12/2004	50	15,40	206	112,79	
	J	22/10/2004	13/12/2004	50	15,05	215	123,26	
	K	22/10/2004	13/12/2004	50	15,10	209	119,03	
	L	22/10/2004	13/12/2004	50	15,05	173	99,18	
0,50	A	19/10/2004	10/12/2004	50	15,10	160	91,12	92,28
	B	19/10/2004	10/12/2004	50	15,10	182	103,65	
	C	19/10/2004	10/12/2004	50	15,35	165	90,93	
	D	19/10/2004	10/12/2004	50	15,05	176	100,90	
	E	19/10/2004	10/12/2004	50	15,10	140	79,73	
	F	19/10/2004	10/12/2004	50	15,00	167	96,38	
	G	19/10/2004	10/12/2004	50	15,05	190	108,93	
	H	19/10/2004	10/12/2004	50	15,10	170	96,82	
	I	19/10/2004	10/12/2004	50	15,00	159	91,76	
	J	19/10/2004	10/12/2004	50	15,05	130	74,53	
	K	19/10/2004	10/12/2004	50	15,00	154	88,88	
	L	19/10/2004	10/12/2004	50	15,05	146	83,70	
0,45	A	05/10/2004	02/12/2004	50	15,20	144	80,94	70,64
	B	05/10/2004	02/12/2004	50	15,20	120	67,45	
	C	05/10/2004	02/12/2004	50	15,10	117	66,63	
	D	05/10/2004	02/12/2004	50	15,00	130	75,03	
	E	05/10/2004	02/12/2004	50	15,05	129	73,96	
	F	05/10/2004	02/12/2004	50	15,15	136	76,94	
	G	05/10/2004	02/12/2004	50	15,20	128	71,94	
	H	05/10/2004	02/12/2004	50	15,15	110	62,23	
	I	05/10/2004	02/12/2004	50	15,00	128	73,87	
	J	05/10/2004	02/12/2004	50	15,05	100	57,33	
	K	05/10/2004	02/12/2004	50	15,00	107	61,75	
	L	05/10/2004	02/12/2004	50	15,00	138	79,64	

Jefe de Laboratorio

V. B. T. C. lab. Mec. Suelos
y Ensayo Mat.

**ANEXO II:
PANEL FOTOGRAFICO**



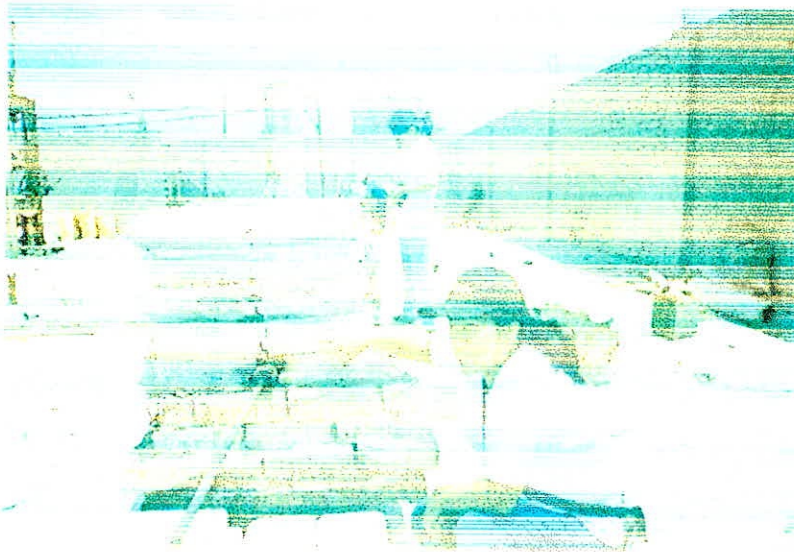
Peso, medida, e identificación de las probetas antes de ser sometidas a la acción del fuego y a los ensayos de rotura de las probetas.



Construcción del horno para el quemado de las probetas en la Empresa FECSAC, con el asesoramiento del Ing. Máximo Espinoza Jiménez y tesistas.



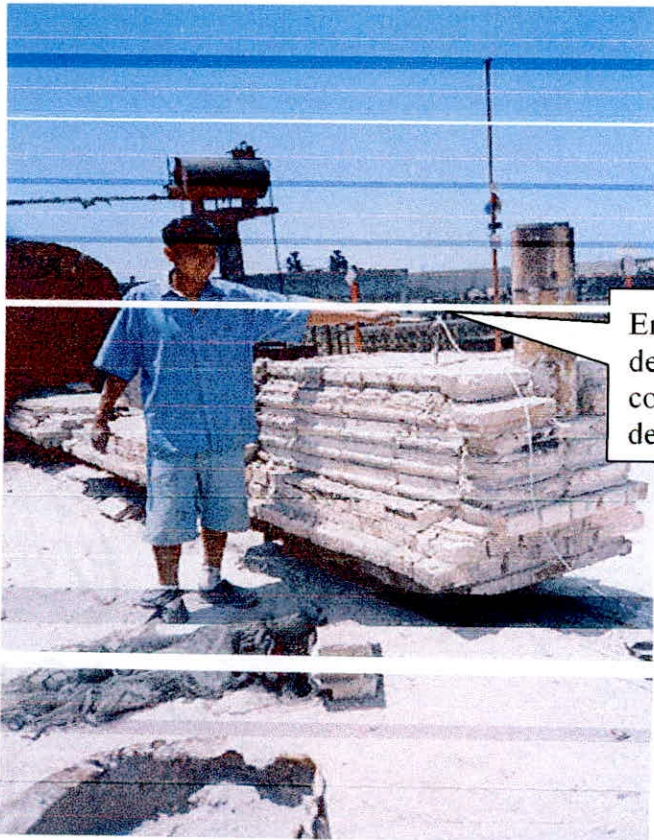
Colocación en el horno para el quemado de las probetas, con capacidad para 06 probetas.



Aquí se muestra la forma de quemado de las probetas con su respectivo alimentador, un quemador a gas.



Vista panorámica, del proceso de quemado de las probetas, controlando por las tesisas el tiempo y temperatura.



En esta vista se observa el dispositivo de Niquel y cromo tipo K, que es conectado del horno hacia el medidor de temperatura.



Aquí se observa el medidor de temperatura, el cual esta marcando los 800° c, durante el proceso de quemado.



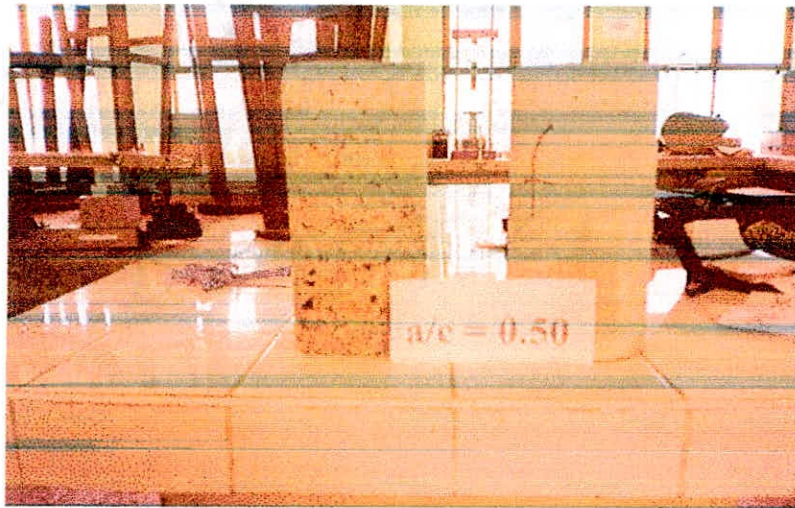
Aquí se muestra el estado en que quedan las probetas después de los 800° c, relación $a/c = 0.45$.



Vemos la diferencia entre probeta patrón vs probeta quemada, de la relación $a/c = 0.45$ se nota el descascaramiento por el fuego, después de los 400°C de temperatura.



Diferencia entre probeta patrón vs probeta quemada, de la relación $a/c = 0.45$ se nota el mayor deterioro debido al fuego, a los 800°C de temperatura.



Diferencia entre probeta patrón vs probeta quemada, de la relación $a/c = 0.50$ se nota el desprendimiento del concreto debido al fuego, a los 600°C de temperatura.



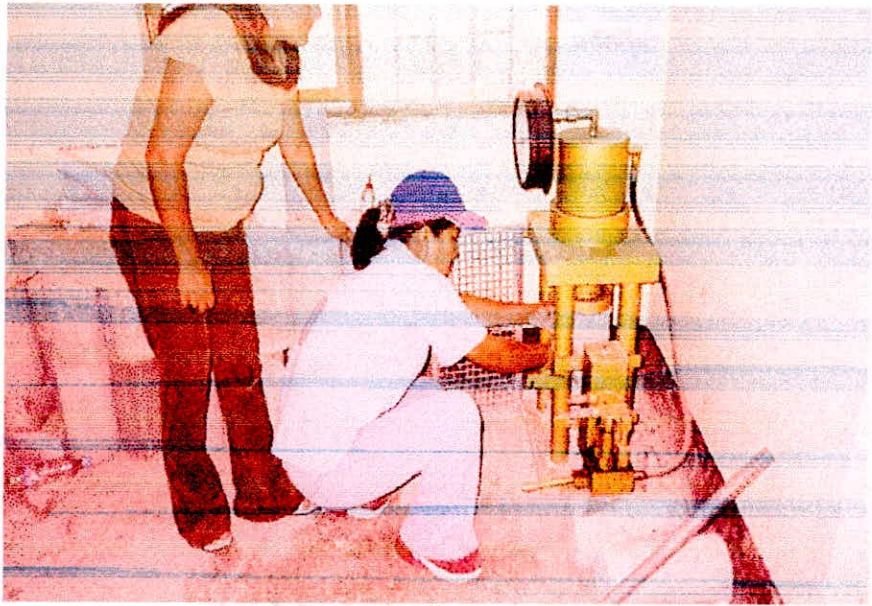
Diferencia entre probeta patrón vs probeta quemada, de la relación $a/c = 0.60$ se nota el poco deterioro que sufre por el fuego a los 600°C de temperatura.



Vemos aquí la diferencia de color a los 400°C , como se nota las probetas que tienen más cemento son de un color más oscuro la relación $a/c = 0.45$.



Preparación de las probetas con el capín, para ser sometidas a la máquina de compresión.



Rotura de probetas con la máquina de compresión.