



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Respuesta física – mecánica del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sometido a altas  
temperaturas, Lima 2018

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera Civil

**AUTORA:**

Br. Xiomara Katherin Calderón Ocupa

**ASESOR:**

Ing. Luis Gabriel Quiroz Torres, M.SC.

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LIMA - PERÚ**

**2018**

## **PÁGINA DEL JURADO**

## **DEDICATORIA**

Esta investigación se la dedico a mis padres Freddy Calderón Bejarano y Floricelda Ocupa Campoverde, por su gran apoyo y comprensión en todo momento, por sus palabras de aliento que me han ayudado a crecer como persona, me han enseñado valores y principios que me han llevado a alcanzar mis metas, a mis hermanos por apoyarme en los momentos más difíciles e importantes de mi vida. Este esfuerzo es por ustedes.

## **AGRADECIMIENTOS**

El agradecimiento de esta investigación va dirigido primero a Dios por guiarme en el camino correcto en cada paso de mi vida, a mi asesor por su tiempo, paciencia y dedicación a lo largo de la presente investigación y a las personas y amigos que estuvieron conmigo en el proceso de este proyecto, que estuvieron en los buenos y malos momentos, alentándome a seguir adelante, quienes sin esperar algo a cambio, compartieron su conocimiento apoyándome así a cumplir mi meta.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, CALDERÓN OCUPA, Xiomara Katherin, estudiante de la Facultad De Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 76432702, con la tesis titulada “Respuesta física – mecánica del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sometido a altas temperaturas, Lima 2018” declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), auto plagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Lima, 15 de diciembre del 2018



.....  
CALDERÓN OCUPA, Xiomara Katherin

DNI N° 76432702

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros de jurado:

Pongo a su disposición la tesis titulada “Respuesta física – mecánica del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> sometido a altas temperaturas, Lima 2018” en cumplimiento de las normas establecidas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo para la obtención del título profesional de ingeniero civil la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

El documento consta de 6 capítulos: capítulo I: Introducción, capítulo II: Métodos, capítulo III: Resultados, capítulo IV: Discusión, capítulo V: Conclusiones, capítulo VI: Recomendaciones, Referencias bibliográficas y Anexos.

CALDERÓN OCUPA, Xiomara Katherin

## ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Realidad Problemática.....	16
1.2. Trabajos Previos.....	18
1.2.1. Antecedentes Nacionales .....	18
1.2.2. Antecedentes Internacionales .....	19
1.3. Teorías Relacionadas Al Tema .....	21
1.3.1. Temperatura.....	21
1.3.2. Respuesta Física - Mecánica: .....	24
1.4. Formulación Del Problema.....	29
1.4.1. Problema General .....	29
1.4.2. Problemas Específicos .....	30
1.5. Justificación Del Estudio .....	30
1.5.1. Justificación Técnica o Práctico .....	30
1.5.2. Justificación Social .....	30
1.5.3. Justificación Económica.....	30
1.6. Hipótesis .....	31
1.6.1. Hipótesis General.....	31
1.6.2. Hipótesis Específicas .....	31
1.7. Objetivos.....	31
1.7.1. Objetivos General .....	31
1.7.2. Objetivos Específicos.....	31
II. MÉTODO .....	32
2.1. Diseño de Investigación.....	33
2.1.1. Tipo.....	33

2.1.2.	Nivel.....	33
2.1.3.	Diseño .....	33
2.2.	Variables y Operacionalización de Variables.....	34
2.2.1.	Variables .....	34
2.2.2.	Definición Operacional .....	34
2.3.	Población, Muestra y Muestreo .....	37
2.3.1.	Población.....	37
2.3.2.	Muestra.....	37
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	37
2.4.1.	Técnicas de Recolección de Datos .....	37
2.4.2.	Instrumentos de Investigación.....	38
2.4.3.	Validez .....	38
2.4.4.	Confiabilidad .....	38
2.5.	Métodos de Análisis de Datos.....	39
III. ANÁLISIS Y RESULTADOS .....		40
3.1.	Estudio de Agregados.....	41
3.1.1.	Origen de los Agregados.....	41
3.1.2.	Peso Unitario de los Agregados.....	41
3.1.3.	Peso Específico.....	44
3.1.4.	Porcentaje de Absorción .....	46
3.1.5.	Contenido de Humedad.....	46
3.1.6.	Análisis Granulométrico .....	48
3.1.7.	Módulo de Fineza .....	51
3.2.	Diseño de Mezcla del Concreto .....	52
3.2.1	Método de Diseño del Comité 211 del ACI.....	52
3.2.2.	Método Bolomey .....	53
3.2.3.	Comparación del Método ACI y el Método Bolomey.....	54
3.3.	Elaboración de Muestras .....	55
3.3.1.	Elaboración de Probetas.....	56
3.3.2.	Elaboración de Vigas .....	59
3.4.	Sistema de Quemado de las Muestras .....	62
3.4.1.	Elementos Utilizados .....	63
3.5.	Resultados de Ensayos .....	66
3.5.1.	Ensayo a la Compresión.....	66

3.5.2. Ensayo a la Tracción por Compresión Diametral.....	68
3.5.3. Ensayo al Módulo de Rotura.....	71
IV. DISCUSIONES .....	75
V. CONCLUSIONES .....	79
VI. RECOMENDACIONES .....	81
VII. REFERENCIAS .....	83
VIII. ANEXOS .....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> Curva granulométrica del agregado fino .....	49
<b>Figura 3.2</b> Curva granulométrica del agregado grueso .....	50
<b>Figura 3.3</b> Curva granulométrica del agregado global.....	51
<b>Figura 3.4</b> Colocación de desmoldante a los moldes de probetas .....	56
<b>Figura 3.5</b> Peso del Agua .....	56
<b>Figura 3.6</b> Peso de la Piedra .....	56
<b>Figura 3.7</b> Peso de la Arena.....	57
<b>Figura 3.8</b> Peso del Cemento.....	57
<b>Figura 3.9</b> Colocación del Material a la Mezcladora.....	57
<b>Figura 3.10</b> Mezcla del Concreto.....	57
<b>Figura 3.11</b> Verificación del slump .....	58
<b>Figura 3.12</b> Ensayo del cono de abrams .....	58
<b>Figura 3.13</b> Compactación del material .....	58
<b>Figura 3.14</b> Vaciado de la muestra .....	58
<b>Figura 3.15</b> Extracción de probetas .....	59
<b>Figura 3.16</b> Curado de probetas.....	59
<b>Figura 3.17</b> Colocación del desmoldante .....	59
<b>Figura 3.18</b> Mezcla de los agregados.....	60
<b>Figura 3.19</b> Vaciado del Material .....	60
<b>Figura 3.20</b> Extracción de Vigas .....	61
<b>Figura 3.21</b> Curado de vigas.....	61
<b>Figura 3.22</b> Muestras en proceso de secado .....	61
<b>Figura 3.23</b> Colocación del combustible.....	62

<b>Figura 3.24</b> Quemado de muestras .....	62
<b>Figura 3.25</b> Muestras con altas temperaturas .....	63
<b>Figura 3.26</b> Muestras en estado de enfriamiento.....	63
<b>Figura 3.27</b> Horno de quemado y Cilindro de reposo.....	64
<b>Figura 3.28</b> Pirómetro .....	65
<b>Figura 3.29</b> Aplicación del Pirómetro en el quemado de las probeta.....	65
<b>Figura 3.30</b> Guantes especiales .....	65
<b>Figura 3.31</b> Madera.....	65
<b>Figura 3.32</b> Diferencia de la Resistencia a la Compresión entre las Muestras Patrón y las Muestras sometidas a Temperatura .....	67
<b>Figura 3.33</b> Comparación de los Promedios de la Resistencia a la Compresión de cada Temperatura .....	68
<b>Figura 3.34</b> Diferencia de la Resistencia a la Tracción entre las Muestras Patrón y las Muestras sometidas a Temperatura .....	70
<b>Figura 3.35</b> Comparación Temperatura de los Promedios de la Resistencia a la Tracción de cada Temperatura .....	71
<b>Figura 3.36</b> Diferencia de la Resistencia a la Flexión entre las Muestras Patrón y las Muestras sometidas a Temperatura .....	73
<b>Figura 3.37</b> Comparación de los Promedios de la Resistencia a la Flexión de cada Temperatura .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1</b> Resumen granulométrico del agregado fino .....	48
<b>Tabla 3.2</b> Resumen granulométrico del agregado grueso .....	49
<b>Tabla 3.3</b> Límites granulométricos para el agregado global .....	50
<b>Tabla 3.4</b> Resumen de las Propiedades Físicas Agregado Fino .....	52
<b>Tabla 3.5</b> Resumen de las Propiedades Físicas Agregado Grueso .....	52
<b>Tabla 3.6</b> Resumen de las Propiedades Físicas Agregado Global.....	52
<b>Tabla 3.7</b> Características Generales - ACI .....	53
<b>Tabla 3.8</b> Resumen de la Cantidad de Material a Utilizar - ACI.....	53
<b>Tabla 3.9</b> Proporciones Aproximadas en Volumen - ACI .....	53
<b>Tabla 3.10</b> Características Generales - Bolomey.....	54
<b>Tabla 3.11</b> Resumen de la Cantidad de Material a Utilizar – Bolomey.....	54
<b>Tabla 3.12</b> Proporciones Aproximadas en Volumen - Bolomey .....	54
<b>Tabla 3.13</b> Comparación de Resultados de los Métodos ACI y Bolomey .....	55
<b>Tabla 3.14</b> Cantidad de Material e Instrumentos a Utilizar .....	55
<b>Tabla 3.15</b> Datos obtenidos en Laboratorio de Resistencia a la Compresión .....	66
<b>Tabla 3.16</b> Resumen de Datos de la Resistencia a la Compresión de cada Probeta.....	67
<b>Tabla 3.17</b> Datos obtenidos en Laboratorio de Resistencia a la Tracción .....	69
<b>Tabla 3.18</b> Resumen de Datos de la Resistencia a la Tracción de cada Probeta .....	69
<b>Tabla 3.19</b> Resistencia al Módulo de Rotura de cada Viga.....	72
<b>Tabla 3.20</b> Resumen de Datos de la Resistencia a la Flexión de cada Viga .....	72

## RESUMEN

El presente trabajo busca obtener la respuesta física – mecánica del concreto convencional  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , sometido a temperaturas elevadas, con una relación agua/cemento de 0.61 para garantizar una óptima trabajabilidad. Para lo cual se realizó el diseño, elaboración y curado de muestras en el laboratorio.

Los especímenes elaborados se fragmentan en dos conjuntos principales: probetas de 6" x 12" y vigas de 15 x 15 x 53 cm. El conjunto de probetas se divide en 2 grupos de ensayos (compresión y tracción) y 5 grupos de temperatura los cuales son: temperatura ambiente (muestra patrón), 250° C, 350° C, 450° C y 550°C. El primer grupo de 6 muestras patrón es dividida por cada temperatura, ya que a 3 de las muestras se realiza un ensayo a compresión y 3 de las restantes se realiza ensayo a la tracción. El segundo conjunto es de vigas realizando 2 muestras para cada temperatura. Obteniendo un total de 30 probetas y 10 vigas a ensayar con un curado de 21 días consecutivos.

Luego las muestras pasan por un proceso de quemado, estableciendo así 24 probetas y 8 vigas que serán expuestas al fuego en un horno especialmente diseñado para el quemado de las muestras de concreto. Luego pasan por un proceso de enfriamiento al ambiente por 24 horas antes de ser ensayadas. Determinando así que, a mayor temperatura efectuada, menor es la resistencia que soportan las muestras presentando diferentes tipos de estudios como fisuras, descascaramiento, agrietamiento, decoloración, etc.

**Palabras clave:** Respuesta física - mecánica, altas temperaturas, máxima resistencia.

## ABSTRACT

This article investigates the physical-mechanical response of conventional concrete  $f'_c = 210$  kg / cm<sup>2</sup>, subjected to high temperatures, with a water/cement ratio of 0.61 to guarantee optimal workability. For which the design, elaboration and curing of samples in the laboratory was carried out.

The elaborated samples are fragmented into two main sets: 6 "x 12" samples and 15 x 15 x 53 cm beams. The set of test pieces is divided into 2 groups of tests (compression and traction) and 5 temperature groups that are: ambient temperature (standard sample), 250 ° C, 350 ° C, 450 ° C and 550 ° C. First group six standard samples are divided for each temperature, since 3 of the samples are subjected to a compression test and 3 of the remaining samples are subjected to tensile test. The second set is of beams that make 2 samples for each temperature. Obtaining a total of 30 test tubes and 10 beams to be tested with a curing of 21 consecutive days.

Then, the samples go through a combustion process, establishing 24 test tubes and 8 beams that will be exposed to fire in an oven specially designed to burn concrete samples. Then they go through a process of cooling to the environment for 24 hours before being tested. The determination that, at higher temperature, less resistance of the samples, presents different types of studies, such as cracks, flaking, cracking, discoloration, etc.

**Keywords:** Physical-mechanical response, high temperatures, maximum resistance.

## **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Realidad Problemática**

Según el Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú (2018), la cifra de incendios en el Perú va en aumento, en lo que va del 2018 se han registrado más de 4,004 casos hasta el mes de mayo a nivel nacional, lo que representa un aumento de 400 siniestros sobre la cifra registrada en 2017 en este periodo. Los incendios pueden generarse en las edificaciones por varios factores como cortocircuitos debido a enchufes en mal estado, cargas eléctricas por imperfecciones en los equipos eléctricos sin su debido mantenimiento, líquidos inflamables almacenados en los ambientes de las casas, etc.

Según Ardito (2018) consultor del "Programa Casa Segura" de Procobre, detalló que en los últimos 10 años se ha incrementado en 40% el número de incendios en el Perú. Estos datos nos muestran que tanto en locales comerciales, industriales y viviendas no hay ninguna medida preventiva o algún plan de contingencia para evitar o disminuir dichos problemas que ocurre con mayor continuidad.

El año pasado se registró un incendio en la Galería Nicolini en la zona de Las Malvinas, el edificio se mantuvo con fuego 4 días seguidos, por lo tanto, los daños estructurales que presentó luego de apagarse el incendio fueron desastrosos. Es lamentable que ocurran hechos como éste, teniendo conocimiento ya de las normas técnicas de construcción y prevención de riesgos que existen.

Según Bautista (2018) "Todos los centros comerciales, además de fábricas, oficinas y edificios familiares, deben implementar medidas de seguridad contra incendios. Al momento de la construcción, usar materiales aislantes será la clave para evitar la propagación del fuego entre una zona y otra. Cada locación necesita acoplar su seguridad de acuerdo a la ubicación, tamaño y actividad, entre otras cosas"

El distrito de Lima cuenta con una población de casi 9 millones 320 mil habitantes, el cual el 70% de casas carecen de garantías frente a un incendio por ser viviendas autoconstruidas sin alguna persona calificada que use el Reglamento Nacional de Edificaciones el cual esto bajaría la resistencia del concreto resistente a las cargas actuantes que tiene la edificación tanto por la carga muerta, la carga viva, por la fuerza de sismo o por el deterioro del concreto causado por un incendio que causaría calcinación, etc.

Sabemos que muchas veces las personas que quieren tener una vivienda, piden el modelo de su edificación a su gusto de manera que en algunas ocasiones los arquitectos tienen que diseñarlas de esa manera, pero también existen casos donde las personas compran los planos a un dibujante o simplemente se dejan llevar por las recomendaciones de la persona constructora (maestro de obra) y es ahí donde se generan, quizás cierres de salida, o lugares donde no hay mucha ventilación por lo cual cuando ocurre un incendio la edificación no expone el humo como debería y aumenta el siniestro causando todo tipo de pérdidas. Por eso se busca un correcto diseño no solo de la edificación sino también del concreto para toda infraestructura, generando seguridad.

Las construcciones de las viviendas en el Perú son construidas y diseñadas por maestros de obra que no siguen el Reglamento Nacional de Edificaciones afectando gravemente a las construcciones de viviendas, ya que no utilizan la efectiva norma que se debería, y esto le quita resistencia al concreto. Es por eso que cuando ocurren siniestros como un incendio, las viviendas quedan severamente destruidas.

*Figura 1.1.* Incendio en la Galería Nicolini, 2017.



## 1.2. Trabajos Previos

### 1.2.1. Antecedentes Nacionales

Dentro de los antecedentes Nacionales, podemos encontrar a:

Huincho, (2017) Evaluación de la Resistencia Mecánica del Concreto Sometido a Altas Temperaturas por Incidencia del Fuego Directo. Tesis para optar el Título en Ingeniería, Universidad Nacional de Ingeniería. El autor sostiene que a mayor tiempo se encuentre el concreto expuesto al fuego, más será el daño causando fisuración y desprendimiento de los componentes del concreto dependiendo también a qué relación a/c se encuentre el concreto. El autor también indica que en su investigación el usa el cemento Portland tipo I, con relaciones agua-cemento de 0.60, 0.65 y 0.70 y cantidades de agua que garanticen la óptima trabajabilidad. Usando un termómetro Infrarrojo digital para registrar su temperatura de cada probeta después del quemado de cada una de éstas y garantizar la validez de cada temperatura para una mejor obtención de datos. Realizó su propio horno para el quemado de probetas con capacidad de hasta 15 muestras de 4" x 8" o 6 muestras de 6" x 12". Usando madera reciclada como combustible. Sometiendo las probetas a 1, 2 y 3 horas para cada tipo de relación agua cemento, luego llevadas a laboratorio para ser ensayadas a resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y módulo de elasticidad. Obteniendo pérdida de masa. Concluye diciendo que para un concreto de relación a/c=0.60 se obtienen menos pérdida de resistencia que otras relaciones, teniendo así un mejor comportamiento ante la incidencia del fuego directo.

Chauca y Cruz, (2014) Evaluación del Concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> a altas temperaturas. Tesis para optar el Título en Ingeniería, Universidad Nacional del Santa. El autor indica que el agrietamiento y descascaramiento del concreto después de haberse sometido al fuego se debe a la acción opuesta entre la pasta, la cual se contrae debido a la pérdida de humedad. Existen variaciones en las dimensiones por lo que se expanden y contraen por el contacto con el fuego. Realizando 36 probetas separadas en grupos de 12 cada uno, siendo estas sometidas a temperaturas como 400°, 600° y 800° se obtendrán datos de los análisis para comprobar que la resistencia del concreto baja de manera sorpresiva de acuerdo a la temperatura que llegue. Se hicieron ensayos de resistencia a la compresión de acuerdo a cada relación agua/cemento y a cada temperatura indicada. También sostiene que desde una temperatura de

500°C y superiores con un elemento de concreto de menor resistencia agua/cemento ofrecen una mayor resistencia frente al fuego, mientras que los elementos de mayor resistencia agua/cemento tiene menor resistencia ante el fuego. Indica también que usa diferentes métodos para obtener las características de los componentes del concreto tales como: fuller, comité 211 del ACI y experimental, etc. Concluyendo que la resistencia del concreto con diseño de mezcla de 210kg/cm<sup>2</sup> posee una resistencia del 57.21% y que para una temperatura de 800° la resistencia disminuye hasta 36.47% de lo que era principalmente.

### **1.2.2. Antecedentes Internacionales**

Dentro de los antecedentes internacionales, podemos encontrar a:

Alvarado, (2013) Estudio del Comportamiento del Concreto Estructural Expuesto al Fuego. Tesis para optar el Título en Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato. El autor afirma que la exposición del concreto estructural al fuego directo, produce cambios físicos y mecánicos dependiendo del tiempo en el que se encuentren expuestos a éste presentando diferentes tipos de calcinación, fisuramiento o desintegración. El autor también explica que hizo comparaciones de las propiedades del concreto estructural común con las propiedades de elementos expuestos al fuego durante 30min, 60min, 90min, 120min, 150min y 180min para determinar cuanta resistencia de concreto y acero ha bajado o se ha obtenido en cada ensayo obteniendo así en sus resultados de los ensayos de resistencia a flexión y el análisis de carga y deformación del concreto estructural se obtienen resultados óptimos, estableciendo así, parámetros que permiten conocer su comportamiento. Obteniendo conclusiones como que la calcinación se presenta en todas las pruebas y que el acero toma la misma temperatura que tiene el fuego en el mismo momento del incendio. Así mismo también obtuvo que cuando el concreto llega a los 1000°C su peso disminuye en un 21% causando fisuras y baja resistencia. A los 120 min con una temperatura mayor a 900°C la resistencia bajó al 50% presentando calcinación. En todos los casos desde los 30 min hasta los 180 se presenta que las probetas presentan los mismos efectos, que iban aumentando progresivamente de acuerdo a su temperatura.

Sailer (2007) Descripción y Análisis de Incendios Importantes para Proponer Criterios de Diseño. Tesis para optar el Título en Ingeniería, Universidad de Chile. El autor sostiene que

el comportamiento de un elemento constructivo ante la acción del fuego depende del material combustible, la ventilación, tiempo o compartimentaciones que existen en el momento del incendio para agravar la resistencia del concreto. Es por eso que es necesario proyectar criterios para intentar mejorar los diseños futuros y obtener así una óptima construcción. Realizando ensayos de esclerometría y testigo de hormigón endurecido a edificaciones con casos de incendios reales ocurridos a partir del año 1994 en Chile seleccionándolos según su diseño (Estructuras de cubierta liviana con y sin barreras verticales interiores resistentes al fuego y estructuras de uno o varios niveles con barreras resistentes al fuego) y según el material estructural (Estructuras verticales y horizontales de acero, verticales de hormigón armado y horizontales de acero y estructuras verticales y horizontales de hormigón armado) . Obteniendo los siguientes resultados, las propiedades mecánicas varían apenas llegan a los 250°C, cuando llega a los 540°C la estructura llega a su estado grave al no soportar las cargas de diseño. Y termina recomendando que se debe dar mayor recubrimiento (4cm) para evitar que a la alta temperatura se fisure el concreto y desprenda fácilmente.

Flores, (2012) Estudio del comportamiento de estructuras durante un incendio usando como ejemplo el Edificio Emilio Pugín UACH Valdivia. Tesis para optar el Título en Ingeniería, Universidad Austral de Chile. El autor indica que el material que soporta mejor la acción del fuego es el hormigón pero el acero a altas temperaturas presenta deformación, pero si el acero tuviera más recubrimiento volvería a la normalidad gradualmente ya cuando el cambio de temperatura sea brusco del calor al frío. Para determinar si la edificación puede ser reparable, puede seguir soportando peso de elementos estructurales encima, o debe dejar de ser habitada. Utilizando los programas SAP2000 Y SAFIR se obtiene la distribución de los esfuerzos y la temperatura real que llega al acero de refuerzo. Para determinar los cambios físicos y químicos en los materiales y estructuras, el estado del concreto después de ser sometido a altas temperaturas, y conocer métodos de reparación. Según el programa SAFIR la temperatura en una hora aumenta hasta los 600°C con 4.5 cm dentro del recubrimiento, por lo tanto si el recubrimiento es de 5 cm entonces el acero estaría menos afectado pero con el programa SAP2000 cuando el elemento llega a los 300°C se debe duplicar la cantidad de hacer y si llega a los 600°C se cuadruplica y que se tendría problemas con secciones pequeñas. Hay que saber que éstos programas solo entregan como resultados solo una aproximación de la realidad.

### **1.3. Teorías Relacionadas Al Tema**

#### **1.3.1. Temperatura**

Para Young y Freedman (2012), “El concepto de temperatura se origina en las ideas cualitativas de “caliente” y “frío” basadas en nuestro sentido del tacto. Supongamos que un cuerpo que se siente caliente suele tener una temperatura más alta, que un cuerpo similar que se siente frío. Esto es un tanto vago y los sentidos pueden engañarse. Sin embargo, muchas propiedades de la materia que podemos medir dependen de la temperatura. La longitud de una barra de metal, la presión de vapor en una caldera, la capacidad de un alambre para conducir corriente eléctrica y el color de un objeto brillante muy caliente: todo esto depende de la temperatura”

La temperatura es la sensación de calor o frío que se produce en un cuerpo, por ejemplo, en su relación de “caliente” encontramos que la temperatura puede causar el fuego, sucede que a una elevada temperatura y en un material débil puede propagarse y puede producir daños severos. Y en su relación “frío” la temperatura puede provocar nieve en su máxima aparición, bajando la temperatura a niveles extremos o también el clima puede solo estar lluvioso o nublado con fuertes brisas de viento.

##### **1.3.1.1. Fuego**

Zepeda y Sánchez (2017) sostienen que el fuego está conformado por 4 fases consecutivas, las cuáles son:

**Fase I.** Las flamas empiezan a desprender fragmentos que son imposibles de ver, esto sucede mientras la temperatura asciende considerablemente.

**Fase II.** Los materiales expuestos empiezan a desprender residuos que se hacen visibles, formando gases y humos.

**Fase III.** En presencia de la cantidad de oxígeno necesaria los vapores se transforman en llamas, con gran aumento de humos y desprendimiento de calor.

**Fase IV.** Los gases y vapores desprendidos, en determinadas proporciones, pueden provocar explosiones, al igual que los líquidos o los sólidos combustibles pulverizados, presentes en el ambiente.

Los mismos autores indican que “El punto de crecimiento álgido al inicio de la fase III (Aprox. 300°C) es conocido con el nombre de Flashover, también llamado Combustión Súbita Generalizada. Se trata de la transición de un incendio, de su fase de desarrollo a la fase de incendio totalmente desarrollado, en la cual la liberación de energía térmica es la máxima posible, en función del combustible que se ve implicado en el mismo” (p.15).

#### **1.3.1.2. Tipos de Fuego**

Según el Manual de Prevención de Riesgos Laborales en las Oficinas (2003), el fuego se divide en diversos tipos, como:

**Fuego Tipo A:** Son elementos sólidos que presentan residuos propensos a producir rápidamente un incendio tales como el papel, el cartón, el caucho, el plástico, la madera, la pólvora.

**Fuego Tipo B:** Son los líquidos inflamables, como el combustible, la gasolina, el petróleo, grasas industriales, gases, alcohol.

**Fuego Tipo C:** Éstos son los objetos eléctricos, que presenten algún cable, contacto con algún interruptor o electrodoméstico, tales como los motores, instalaciones eléctricas, etc.

**Fuego Tipo D:** Es la combustión de metales como el sodio, el potasio, magnesio, aluminio, etc. Cuando estos se encuentran reducidos a residuos finos.

**Fuego Tipo K:** Este tipo de fuego se producen en cocinas comerciales que tengan aceites tipo vegetal o animal, grasas, etc.

#### **1.3.1.3. Principales causas de un incendio**

Según Fontes (2003), las principales causas de un incendio según el lugar donde son causados, son las siguientes:

## **En Industrias**

**Incendios eléctricos:** Se trata del sobrecalentamiento de cables conectados a una toma de corriente por mucho tiempo o corto circuito que se pueda provocar en este.

**Fricción:** Las maquinarias normalmente deben tener mantenimiento cada cierto tiempo y el no estar al pendiente de estas, puede causar un incendio o también puede ser provocado por una fricción que se crea en ella misma.

**Chispas mecánicas:** La falta de cuidado de cualquier máquina puede provocar el desgaste de ésta, y al tiempo generar chispas en su interior o en los cables que contiene.

**Cigarrillos y fósforos:** Hay ciertos lugares en los que se debe tomar en cuenta que fumar es totalmente peligroso, puede causar daños irreparables. Es por eso que algunos establecimientos indican que está prohibido fumar. Esta causa es una de las más comunes existentes en la vida cotidiana. Pues el solo encender un cerillo en un lugar equivocado puede causar incendio.

**Líquidos inflamables:** A veces estos líquidos se tienen guardados en lugares incorrectos o no se toma la debida precaución para evitar un peligro. Es importante saber que este tipo de líquidos no deben estar expuestos visiblemente a niños pues podría suceder una tragedia. La temperatura ambiente también afecta a los líquidos y provoca algún tipo de vapor que puede generar una explosión.

**Corte y soldadura:** Son generadas por chispas o fragmentos no detectados a tiempo. Pueden estas chispas llegar a un lugar inflamable o corriente eléctrica y provocar partículas invisibles para el ojo humano, por lo que se genera el fuego luego de un tiempo después de la actividad que provocó esto.

## **En Viviendas**

Las principales causas de incendios domésticos son:

**Eléctricas:** Cuando los fusibles o tomas de corrientes se tienen expuestos demasiado tiempo a una temperatura elevada, por ejemplo, artefactos eléctricos enchufados, sobrecalentando el sistema, puede iniciar un incendio.

**Velas:** Solo una pequeña flama de fuego puede causar una gran tragedia, en este caso una vela colocada en un lugar equivocado, por ejemplo, si llega la flama a tocar una cortina un cable, etc.

**La cocina:** Esta zona de la casa es la más inflamable, pues aquí encontramos el gas para cocinar y artefactos propensos a terminar en corto circuito, esos artefactos también están cerca al agua. Toda y cualquier posibilidad puede hacer que se genere un incendio en la cocina.

**Aparato de calefacción y chimeneas:** Estos aparatos son más propensos a causar incendios por contener cables o características propensos a un incendio.

### 1.3.2. Respuesta Física - Mecánica:

Para Askeland (1998) las propiedades mecánicas estudian principalmente el comportamiento de cada material para determinar en qué estado se encuentra cada uno. Entre las más importantes destacan:

**Elasticidad:** Es la propiedad de un material al poder regresar a su forma original después de que otro material haya ejercido fuerza sobre este.

**Plasticidad:** Cuando una fuerza ejerce sobre un material provocando una deformación, este mantiene esa forma permanentemente.

**Dureza:** Es la cualidad que tiene un material al no variar, al no ser modificado, cuando es rayado por otro.

**Fragilidad:** Es un material débil, fácil de romper con un golpe u otro movimiento, sin deformarse elásticamente.

**Tenacidad:** Sucede cuando un material se deforma antes de ser ejercido por una fuerza con el objetivo de romperlo.

**Ductilidad:** Cuando el material bajo una fuerza es deformable sin llegar a romperse fácilmente. Es por eso que, si se desea romper un material dúctil, se debe aplicar una gran cantidad de fuerza.

### **1.3.2.1. El Concreto**

Llamado también hormigón, el concreto es el material de construcción más utilizado en el mundo, según su composición para crear superficies extremadamente fuertes como edificaciones u otros tipos de construcciones. Está constituido por la mezcla de agua, cemento, arena y piedras para crear un sólido efectivo y realizar construcciones consistentes. (Gutiérrez, 2003, p.34)

### **1.3.2.2. Propiedades del Concreto**

Para Sánchez (2001), la propiedad más importante del concreto es la durabilidad, porque para la construcción de una edificación se debe tener en cuenta que las estructuras deben resultar durables de acuerdo al diseño, las características del medio ambiente, la compactación, recubrimiento, curado y muchas características más que se toman en cuenta a la hora de la construcción, deben asegurar la durabilidad de la obra. Se sabe que la resistencia va de la mano con la durabilidad, ya que depende mucho de esta propiedad para que la edificación sea más durable. Además de estas propiedades también existen las siguientes:

#### **Resistencia a la Compresión**

Es la propiedad mecánica donde el concreto tiene mayor resistencia a los esfuerzos para soportar cargas, y es la más sencilla de determinar, por lo cual la mayoría de veces las estructuras son diseñadas aprovechando esta propiedad.

En estado endurecido y en estado fresco, el concreto, está sometido a parámetros correspondientes por defecto, de acuerdo al reglamento estos poseen una carga axial a compresión, que son generados por su resistencia y su módulo de elasticidad, que son el esfuerzo máximo y la pendiente de la curva en el rango elástico-lineal, respectivamente.

### **Módulo de Rotura (Resistencia a la flexión)**

La resistencia a la flexión se aproxima a la resistencia mecánica de la losa de pavimento, ante agresiones de diferente naturaleza como lo son, cargas dinámicas y estáticas, rodaduras e impactos.

La flexión es representada por el módulo de rotura (MR), es determinada por ensayos a la flexión en vigas, para determinar su resistencia a la tensión. El módulo de rotura es importante para un diseño de pavimentos y estructuras del suelo.

### **Módulo de Elasticidad**

Es la propiedad mecánica donde los materiales sufren deformaciones y estas pueden ser reversibles, pero tienen un límite elástico, que, si se llega a sobrepasar, la deformación del material es permanente, se cumpliría la ley de Hooke y sus propiedades cambian. Es por eso que, para el concreto, el comportamiento mecánico depende en gran medida de su deformación ante una carga o fuerza externa a la que está sometido. La relación entre la deformación unitaria y el esfuerzo determinan que tan rígido puede estar un material. Esta propiedad se puede medir de forma dinámica, ante ciclos de carga y descarga, teniendo como primera fase la zona elástica aumentando la deformación de 0 a 45% del  $f'_c$ . (Osorio, 2011).

#### **1.3.2.3. Tipos de Concreto:**

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2016) tenemos los siguientes tipos de concreto:

**Concreto Estructural:** Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo al concreto simple y al concreto reforzado.

**Concreto Armado o Reforzado:** Concreto pre-esforzado o no, debería tener la cantidad mínima de acero.

**Concreto Simple:** Es el concreto estructural sin acero. Las especificaciones de sus agregados son menores a las que contiene el concreto armado.

**Concreto Estructural Liviano:** Concreto que tiene una densidad de equilibrio, que no excede 1850 kg/m<sup>3</sup>. En esta Norma, un concreto liviano sin arena natural se llama “concreto liviano en todos sus componentes” y un concreto liviano en el que todo el agregado fino sea arena de peso normal se llama “concreto liviano con arena de peso normal”

**Concreto de Peso Normal:** Su peso aproximado de 2300 Kg/m<sup>3</sup>.

**Concreto Ciclópeo:** Es el concreto que tiene piedras grandes, según su diseño. Es por eso que se utiliza en grandes estructuras.

**Concreto de Cascote:** Está conformado por agua, cemento, agregado fino y cascote de ladrillo.

**Concreto Premezclado:** Es el concreto mezclado en obra, o mezclado en los camiones mezcladores para luego ser trasladado a obra.

**Concreto Pre-esforzado:** Son esfuerzos internos permanentes en una estructura para reducir los esfuerzos potenciales de tracción y mejorar su comportamiento en el concreto causados por las cargas.

#### **1.3.2.4. Agregados:**

##### **Agua**

Sánchez (2001), “Para cada cuantía de cemento existe una cantidad de agua del total de la agregada que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua solo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se pueda obtener la manejabilidad adecuada de las mezclas frescas. El agua adicional es una masa que queda dentro de la mezcla y cuando se fragua el concreto va a crear porosidad, lo que reduce la resistencia, razón por la que cuando se requiera una mezcla bastante fluida no debe lograrse su fluidez con agua, sino agregando aditivos plastificantes”

##### **Cemento**

El cemento es un polvo fino que con el agua toma la acción de endurecer, formándose una pasta que puede ser utilizada de acuerdo al uso o trabajo que le proporcionen. Existen varios tipos de cemento Portland. Según Inacal (2016), en la Norma Técnica Peruana (NTP)

334.009, se establecen requisitos que deben cumplir los tipos de cemento Portland, y se distribuyen en tipos, tales como:

**Tipo I:** El cemento portland tipo I es el más común, pues es utilizado normalmente cuando no se indica el tipo de cemento a utilizar en dicha construcción. Además, se utiliza para la construcción de viviendas y edificaciones.

**Tipo II:** El cemento Portland tipo II tienen una resistencia media a los ataques de sulfatos, se utiliza más en tuberías de hormigón y puentes.

**Tipo III:** el Cemento Portland tipo III, tiene una resistencia a la compresión a los 3 días, en caso de los cementos tipo I y II llegan a la misma resistencia, pero a los 7 días. Solo se necesita cuando sabemos que vamos a desencofrar antes de los 28 días.

**Tipo IV:** El Cemento Portland tipo IV es usado cuando se necesita un bajo calor de hidratación sin producirse dilataciones. Se utiliza en estructuras de hormigón grandes.

**Tipo V:** El Cemento Portland tipo V es usado en la construcción de elementos que requieren una alta resistencia de concreto, como en las alcantarillas, canales de conducción, etc.

### **Piedra**

Este material se obtiene por la trituración de rocas en las máquinas. Para ser usada en la construcción no debe presentar porosidad, barro u otros elementos que no sean parte de dicho material. Debe ser de alta resistencia para una mejor trabajabilidad en la mezcla. Existen varios tipos de piedras como la piedra chancada, piedra de cajón, piedra de zanja, etc.

### **Arena**

La arena es muy importante en el diseño de mezcla. Existen 2 tipos de arena tales como la arena fina (1mm como máximo de tamaño) y la arena gruesa (5mm como máximo de tamaño). Y cada una para un tipo de uso, la primera para tarrajados y la segunda para asentamientos de ladrillos y preparación de concreto armado y simple.

### **1.3.2.5. El Concreto y su Comportamiento Frente al Fuego**

Pese a que el concreto tiene buenas particularidades y sus componentes ante un incendio impiden que el fuego extinga totalmente dicho material, este termina afectado no solo por el alto grado de temperatura sino también por el tiempo de exposición al cual estuvo expuesto, presentado disgregación, fisuramiento, descascaramiento, descarbonatación, porosidad, etc. Pero también depende del tipo de material de combustión con el que se propagó el incendio, pues dependiendo del material podemos identificar qué tipo de fuego-incendio se provocó y que tan grave fue para el concreto.

Cuando el concreto está frente al fuego, las principales propiedades que van evaporándose y dejan el concreto con baja resistencia son, el agua libre, gradualmente va disminuyendo este componente porque es el más propenso a secarse principalmente, luego es el agua capilar y finalmente el agua que contiene los hidratos del cemento. Esta evaporación disminuye las propiedades mecánicas del concreto.

“En comparación con otros materiales de construcción habituales, el concreto presenta de forma fácil y económica un mejor comportamiento frente al fuego, cabe resaltar que el concreto no arde, no aumenta la carga del fuego y detiene la propagación del mismo. De esta manera protege eficazmente, proporcionando recorridos de emergencia seguros a los ocupantes” (Claros, 2012)

El mismo autor también indica que, mientras el concreto está expuesto a una alta temperatura (fuego) este elemento no produce gases tóxicos, eso ayuda principalmente a los habitantes de un inmueble y a prevenir la contaminación ambiental. Se sabe que mientras más firme se haya construido el concreto, cuando este se encuentra frente al fuego, no colapsa fácilmente, además es un material fácil de reparar después de un siniestro.

## **1.4. Formulación Del Problema**

### **1.4.1. Problema General**

- ¿Las altas temperaturas disminuirán la respuesta física – mecánica de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?

#### **1.4.2. Problemas Específicos**

- ¿Las altas temperaturas disminuirán la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?
- ¿Las altas temperaturas disminuirán la resistencia a la tracción del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?
- ¿Las altas temperaturas disminuirán el módulo de rotura del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?

#### **1.5. Justificación Del Estudio**

Este proyecto de investigación, busca evaluar las propiedades física - mecánicas del concreto a altas temperaturas, por lo siguiente:

##### **1.5.1. Justificación Técnica o Práctico**

En la parte técnica se evalúan las propiedades del concreto endurecido ante un peligro ocasionado por el hombre. Una de las más severas situaciones a las que el concreto puede estar expuesto es un incendio por eso es fundamental conocer las propiedades, el desempeño y tomarlos en cuenta para un futuro diseño.

##### **1.5.2. Justificación Social**

La justificación social para esta investigación es poder conocer si después del siniestro, la edificación podría seguir siendo habitada o reutilizada para una construcción futura del piso o nivel afectado en adelante, y prevenir el riesgo de pérdidas humanas.

##### **1.5.3. Justificación Económica**

Ayudará al ingeniero a tomar una decisión tras evaluar la edificación según su exposición al calor, para así tomar medidas más adecuadas y saber si se haría un reforzamiento y/o demolición de una estructura dañada por un incendio y poder ahorrar en bienes materiales si fuera necesario.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis General**

- Las altas temperaturas reducen la respuesta física – mecánica del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### **1.6.2. Hipótesis Específicas**

- Las altas temperaturas reducen la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Las altas temperaturas reducen la resistencia a la tracción del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Las altas temperaturas reducen el módulo de rotura del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivos General**

- Determinar en qué medida las altas temperaturas disminuyen la respuesta física – mecánica del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### **1.7.2. Objetivos Específicos**

- Determinar en qué medida las altas temperaturas disminuyen la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Determinar en qué medida las altas temperaturas disminuyen la resistencia a la tracción del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Determinar en qué medida las altas temperaturas disminuyen el módulo de rotura del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

## **II. MÉTODO**

## **2.1. Diseño de Investigación**

### **2.1.1. Tipo**

Según Murillo (2008), “La investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad”

Por lo tanto, la presente investigación es aplicada.

### **2.1.2. Nivel**

Según Tamayo y Tamayo (2004), “En este tipo de investigación se persigue fundamentalmente determinar el grado en el cual las variaciones en uno o varios factores son concomitantes con la variación en otro u otros factores. La existencia y fuerza de esta covariación normalmente se determina estadísticamente por medio de coeficientes de correlación. Es conveniente tener en cuenta que esta covariación no significa que entre los valores existan relaciones de causalidad, pues éstas se determinan por otros criterios que, además de la covariación, hay que tener en cuenta” (p.50)

Por lo tanto, la presente investigación es correlacional.

### **2.1.3. Diseño**

Según Fidas G. Arias (2012) “La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)”

Por lo tanto, la presente investigación es experimental.

## **2.2. Variables y Operacionalización de Variables**

### **2.2.1. Variables**

#### **Variable Independiente**

##### **Altas Temperaturas**

“[...] Podríamos definir las temperaturas como cierto grado térmico que permite determinar de manera cuantitativa el que un cuerpo esté más caliente que otro” (Fernández y Pujal, 1981, p.284).

#### **Variable Dependiente**

##### **Respuesta Física - Mecánica**

“Podemos considerar que las propiedades de un material son de dos tipos: físicas y químicas, y específicamente dentro de las físicas las propiedades mecánicas. [...] Las propiedades mecánicas determinan la respuesta del material al aplicársele una fuerza o al estar sujeto a un esfuerzo, las más comunes son la resistencia, la ductilidad y la rigidez del material, aunque también es importante es importante conocer el comportamiento del material cuando se expone a [...] temperaturas elevadas (termoinfluencia)” (Valera, 2005, p.77).

### **2.2.2. Definición Operacional**

#### **Variable Independiente**

##### **Alta Temperatura**

La temperatura es un grado utilizado para determinar el calor o frío de un material y conocer la fuerza o resistencia de cada uno de estos por estar sometidos a cierta temperatura. Medida por un termómetro en °C simple o complejo dependiendo del grado de temperatura que se logre llegar.

## **Variable Dependiente**

### **Respuesta Física - Mecánica**

Las propiedades físicas y mecánicas nos ayudan a identificar las relaciones de cualquier material de estudio y las características de todo lo que tenga masa o volumen. Tenemos las propiedades mecánicas del concreto endurecido tales como el  $f'_c$  (resistencia a la compresión),  $T_s$  (resistencia a la tracción) y  $M_r$  (módulo de rotura o resistencia a la flexión) que serán realizados para obtener la resistencia promedio según la cantidad de muestras que se van a elaborar y diferencia en cuánto varían de las muestras patrón.

**Tabla 2.1** Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>TEMPERATURA</p>	<p>“[...] Podríamos definir la temperatura como cierto grado térmico que permite determinar de manera cuantitativa el que un cuerpo esté más caliente que otro” (Fernández y Pujal, 1981, p.284).</p>	<p>La temperatura es una medida utilizada para determinar el calor o frío de un ambiente o material. Para saber la reacción de cada material sometido a diferentes temperaturas es necesario someterlo a un tipo de calor. Medida por un termómetro simple o complejo dependiendo del grado de temperatura que se logre llegar.</p>	<p>TEMPERATURA</p>	<p>Grados Centígrados (°C)</p>	<p>Razón</p>
<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>RESPUESTA FÍSICA - MECÁNICA</p>	<p>Según Valera (2005) “Podemos considerar que las propiedades de un material son de dos tipos: físicas y químicas, y específicamente dentro de las físicas las propiedades mecánicas. [...] Las propiedades mecánicas determinan la respuesta del material al aplicársele una fuerza o al estar sujeto a un esfuerzo, las más comunes son la resistencia, la ductilidad y la rigidez del material, aunque también es importante es importante conocer el comportamiento del material cuando se expone a [...] temperaturas elevadas (termoinfluencia)” (p.77).</p>	<p>Las propiedades físicas y mecánicas nos ayudan a identificar las relaciones de cualquier material de estudio y las características de todo lo que tenga masa o volumen. Tenemos las propiedades mecánicas del concreto endurecido tales como el <math>f'c</math> (resistencia a la compresión), <math>Ts</math> (resistencia a la tracción) y <math>Mr</math> (módulo de rotura o resistencia a la flexión).</p>	<p>RESPUESTA FÍSICA - MECÁNICA</p>	<p>Resistencia a la Compresión (<math>f'c</math>)</p> <p>Resistencia a la Tracción (<math>Ts</math>)</p> <p>Módulo de Rotura (<math>Mr</math>)</p>	<p>Razón</p>

## **2.3. Población, Muestra y Muestreo**

### **2.3.1. Población**

“La población es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y los objetivos del estudio”. (Arias, 2006, p. 81).

Por lo tanto, la población en esta investigación será el concreto  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en Lima.

### **2.3.2. Muestra**

“Es un subconjunto de la población, seleccionada por algún método sobre el cual se realizan las observaciones y se recogen los datos.” (Bisquerra, 2009, p. 81).

Por lo tanto, la muestra en esta investigación serán 24 probetas y 8 vigas de concreto en Lima.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas de Recolección de Datos**

“La observación directa es el proceso mediante el cual se perciben deliberadamente ciertos rasgos existentes en la realidad por medio de un esquema conceptual previo y con base en ciertos propósitos definidos generalmente por una conjetura que se quiere investigar” (Méndez, 2009, p. 251).

Por lo tanto, las técnicas a usar en esta investigación son:

- Observación directa.
- Ensayo a la compresión.
- Ensayo a la tracción.
- Ensayo de flexión.

#### **2.4.2. Instrumentos de Investigación**

“Las fichas de observación son instrumentos de la investigación de campo. Se usan cuando el investigador debe registrar datos que aportan otras fuentes como son personas, grupos sociales o lugares donde se presenta la problemática” (De Canales, De Alvarado y Pineda, 1986, p. 125)

Por lo tanto, los instrumentos de esta investigación son:

- Ficha de datos.
- Máquina de ensayo universal.
- Horno de quemado artesanal.
- Termómetro.
- Hojas de Excel.

#### **2.4.3. Validez**

“La validez de un instrumento de medición se evalúa sobre la base de tres tipos de evidencias. [...] éste se acercará más a representar la(s) variable(s) que pretende medir” (Hernández y otros, 2016, p. 204)

#### **2.4.4. Confiabilidad**

“[...] se puede definir la confiabilidad como la razón de las varianzas de la puntuación verdadera con la puntuación observada” (Namakforoosh, 2000)

La confiabilidad de esta investigación se basa en la información obtenida de algunas fuentes de confianza, de las cuales se basarán en completar la información, para poder obtener resultados óptimos.

## **2.5. Métodos de Análisis de Datos**

Se realizarán 24 probetas y 8 vigas. Luego de sus días de curado se procederá al quemado de las muestras en un horno, llegando a las siguientes temperaturas, 250° C, 350° C, 450° C y 550 °C. Se quemarán 3 probetas por cada temperatura y por cada ensayo que se realizará (compresión y tracción) y 2 vigas por cada temperatura y por cada ensayo (flexión). La temperatura será obtenida y medida por un termómetro láser (pirómetro) especial para saber la calentura exacta que llega cada probeta y viga para así poder definir que tanto ha disminuido la resistencia en cada una de éstas. Después de unos días del quemado, las muestras serán llevadas a laboratorio para realizar sus respectivos ensayos de compresión, tracción y flexión según sea su caso, para la confirmación de datos y comprobación de las hipótesis. Los ensayos se realizarán en una máquina universal dirigida por un técnico que realizará las pruebas y evaluará cada resultado. Luego se interpretará cada resultado para ver en cuánto ha disminuido la resistencia de cada elemento y elaborar las conclusiones y recomendaciones respectivas.

### **III. ANÁLISIS Y RESULTADOS**

### **3.1. Estudio de Agregados**

Los materiales a utilizar para un diseño de mezcla tienen que ser cuidadosamente seleccionados ya que de éstos depende la variación total del diseño en diferentes condiciones por ejemplo el contenido de humedad. Es por eso que es necesario recalcar el lugar de donde provienen dichos materiales.

#### **3.1.1. Origen de los Agregados**

##### **3.1.1.1. Agregado Grueso**

En esta investigación el agregado grueso que se utilizó procede de la cantera UNICON ubicada en el distrito de Collique con la calidad consistente y garantizada.

##### **3.1.1.2. Agregado Fino**

La siguiente investigación presenta agregados de la Cantera Trapiche, que tiene una gran variedad de agregados en cuanto a tipo y calidad.

##### **3.1.1.3. Cemento**

El cemento utilizado para la siguiente investigación según la NTP 334.009 Y ASTM C 150, fue el Cemento Portland Tipo I (Cemento Sol de 42.5 kg).

##### **3.1.1.4. Agua**

El agua utilizada, fue agua potable, obtenida de la red de distribución de agua potable del LEM-UNI, lugar en la cual se ha desarrollado la investigación. Cumple con los requisitos de la Norma NTP 339.227.

#### **3.1.2. Peso Unitario de los Agregados**

El peso unitario de un agregado es un valor obtenido en proporciones para la realización de mezclas de concreto. Este peso tiene un determinado volumen que depende de condiciones específicas para su obtención como su granulometría o tamaño máximo. Existen dos tipos de peso unitario, tales como el peso unitario suelto y el peso unitario compactado que siguen la norma NTP 400.017 o ASTM C-29.

## **Instrumentos**

- Balanza electrónica para medir las pequeñas masas de los materiales a ensayar que se encuentra ubicada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales.
- Recipientes cilíndricos.
- Varilla lisa de Ø5/8” x 60cm.

## **Calibración Del Recipiente**

- Se pesa el recipiente vacío donde se va a colocar la muestra posteriormente.
- Se procede a llenar el recipiente con agua.
- Finalmente, el recipiente con el agua es pesado para saber un resultado.

### **3.1.2.1. Peso Unitario Suelto (P.U.S)**

#### **3.1.2.1.1. Agregado Fino - Arena Gruesa**

## **Procedimiento**

- Se pesa el recipiente, la balanza en la que se hace el procedimiento debe tener 0.1% (0.01g) de precisión.
- Se coloca la arena gruesa en el recipiente a una altura no mayor a 5cm de la base, y sucesivamente hasta que se llene.
- Luego con la varilla de acero se quita el exceso de arena hasta que quede a nivel del recipiente.
- Finalmente se pesa el recipiente con la arena.

## **Cálculo**

$$P. U. S = \frac{(\text{Peso de la arena (suelto) + molde) gr} - (\text{Peso del molde) gr}}{\text{Volumen del Molde (cm}^3)} \times 1000$$

$$P.U.S = 1566 \text{ Kg/m}^3$$

### 3.1.2.1.2. Agregado Grueso - Piedra Chancada

- Se coloca la piedra chancada en el recipiente a una altura no mayor a 5cm de la base, hasta que logre llenarse.
- Luego con la varilla de acero se quita el exceso de piedra hasta que quede a nivel del recipiente.
- Finalmente se pesa el recipiente con la piedra chancada.

#### Cálculo

$$P.U.S = \frac{(\text{Peso de la piedra (suelto) + molde) gr} - (\text{Peso del molde) gr}}{\text{Volumen del Molde (cm}^3)} \times 1000$$

$$P.U.S = 1408 \text{ Kg/m}^3$$

### 3.1.2.2. Peso Unitario Compactado (P.U.C)

#### 3.1.2.2.1. Agregado Fino - Arena Gruesa

#### Procedimiento

- Se pesa el recipiente, la balanza en la que se hace el procedimiento debe tener 0.1% (0.01g) de precisión.
- Se coloca la arena gruesa en el recipiente en 3 partes iguales, primero hasta 1/3 de su capacidad, luego hasta sus 2/3 y por último hasta llenar el recipiente. Luego de cada llenado, con la varilla de acero lisa se procede a golpear 25 veces en forma vertical.
- Entonces con la varilla de acero se quita el excedente del recipiente para luego pesar el recipiente con la arena compactada.
- Al último se pesa el recipiente con la arena compactada.

#### Cálculo

$$P.U.C = \frac{(\text{Peso de la arena (compacto) + molde) gr} - (\text{Peso del molde) gr}}{\text{Volumen del Molde (cm}^3)} \times 1000$$

$$P.U.C = 1693 \text{ Kg/m}^3$$

### 3.1.2.2. Agregado Grueso - Piedra Chancada

#### Procedimiento

- Se pesa el recipiente, la balanza en la que se hace el procedimiento debe tener 0.1% (0.01g) de precisión.
- Se coloca la piedra chancada en el recipiente en 3 partes iguales, primero hasta 1/3 de su capacidad, luego hasta sus 2/3 y por último hasta llenar el recipiente. Luego de cada llenado, con la varilla de acero lisa se procede a golpear 25 veces en forma vertical.
- Entonces con la varilla de acero se quita el excedente del recipiente para luego pesar el recipiente con la piedra chancada compactada

#### Cálculo

$$P.U.C = \frac{(\text{Peso de la piedra (compacto) + molde}) \text{ gr} - (\text{Peso del molde}) \text{ gr}}{\text{Volumen del Molde (cm}^3)} \times 1000$$

$$P.U.C = 1573 \text{ Kg/m}^3$$

### 3.1.3. Peso Específico

El peso específico es el resultado de los agregados en su estado seco siendo así utilizado para el cálculo del volumen de cada agregado. Además, este peso se utiliza cuando el agregado completa su absorción ya que antes de esto se encuentra en estado de humedad. Se utiliza la NTP 400.021.

#### Instrumentos

- Agregados
- Balanza
- Horno
- Plato de Aluminio
- Secadora

### 3.1.3.1. Agregado Fino - Arena Gruesa

#### Procedimiento

- Se selecciona ¼ de kg de muestra y se deja secar en el horno, luego del secado se repite el proceso hasta obtener una muestra constante. Luego se cubre por 24 horas, la muestra completamente con el agua.
- Después la muestra es colocada en una base totalmente seca, con el máximo cuidado de no perder el agregado fino, se hace el secado de la superficie con una ligera corriente de aire caliente, y se hace una prueba del cono llenándolo y haciéndole sus respectivos 25 golpes.

#### Cálculo

$$\text{Peso Específico} = \frac{\text{Peso seco en el aire}}{\text{Volumen del frasco} - \text{Peso del agua con el frasco}}$$

$$\text{Peso Específico} = 2.64 \text{ g/cm}^3$$

### 3.1.3.2. Agregado Grueso – Piedra Chancada

#### Procedimiento

- Se debe lavar la muestra hasta eliminar el polvo por completo, luego se debe llevar al horno a secar.
- Debemos esperar que enfríe la muestra por 24 horas en el agua, después se debe hacer el secado sobre tela, hasta eliminar el agua para colocar la muestra en el plato de aluminio y se pesa para hallar el peso con agua.
- Luego se coloca la muestra en el horno y por 24 horas se deja reposar para luego retirarla y dejarla enfriar.

#### Cálculo

$$\text{Peso Específico} = \frac{\text{Peso seco en el aire}}{\text{Peso seco en el aire} - \text{Peso de la Muestra en agua}}$$

$$\text{Peso Específico} = 2.55 \text{ g/cm}^3$$

### **3.1.4. Porcentaje de Absorción**

La absorción es la capacidad de los agregados al incrementar su masa debido al agua por la humedad del ambiente en la que se encuentra. Variando las propiedades de los agregados significativamente. Se utiliza la NTP 400.021.

#### **3.1.4.1. Agregado Fino – Arena Gruesa**

##### **Cálculo**

$$\text{Absorción} = \frac{\text{Peso superficialmente seco} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

$$\text{Absorción} = 0.85 \%$$

#### **3.1.4.2. Agregado Grueso – Piedra Chancada**

##### **Cálculo**

$$\text{Absorción} = \frac{\text{Peso superficialmente seco} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

$$\text{Absorción} = 0.93\%$$

### **3.1.5. Contenido de Humedad**

El contenido de humedad es la cantidad de agua que posee un agregado y se debe tomar en cuenta ya que puede variar las propiedades del concreto por la cantidad de humedad que este ya posee por condiciones ambientales. El contenido de humedad es determinado según la NTP 400.016.

##### **Instrumentos**

- Plato de aluminio
- Agregados
- Horno de secado
- Balanza Electrónica

### 3.1.5.1. Agregado Fino – Arena Gruesa

#### Procedimiento

- Se coloca la muestra en el plato y éste se coloca en la balanza para poder obtener el peso de la muestra.
- Se coloca el plato de aluminio con la piedra chancada en el horno eléctrico con una temperatura de 100°C a 110°C con unas 18 a 24 horas.
- Luego del tiempo de secado, se saca el plato de aluminio del horno y se pesa para obtener el peso seco de la muestra.

#### Cálculo

$$\% W = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

$$\% W = 2.50$$

### 3.1.5.2. Agregado Grueso – Piedra Chancada

#### Procedimiento

- Se coloca la muestra en el plato y éste se coloca en la balanza para poder obtener el peso de la muestra.
- Se coloca el plato de aluminio con la piedra chancada en el horno eléctrico con una temperatura de 100°C a 110°C con unas 18 a 24 horas.
- Luego del tiempo de secado, se saca el plato de aluminio del horno y se pesa para obtener el peso seco de la muestra.

#### Cálculo

$$\% W = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

$$\% W = 0.47$$

### 3.1.6. Análisis Granulométrico

Según la NTP 400.037 el análisis granulométrico se determina también como análisis de tamices. Es la distribución y acumulación de las partículas de los agregados al pasar por diferentes tamaños de mallas colocadas especialmente para retener el material según su tamaño y así determinar el cálculo de la abundancia correspondiente de cada agregado.

#### Instrumentos

- Muestra del agregado fino y grueso
- Tamices, cucharones y brocha.
- Balanza electrónica de precisión

#### 3.1.6.1. Agregado Fino - Arena Gruesa

##### Procedimiento

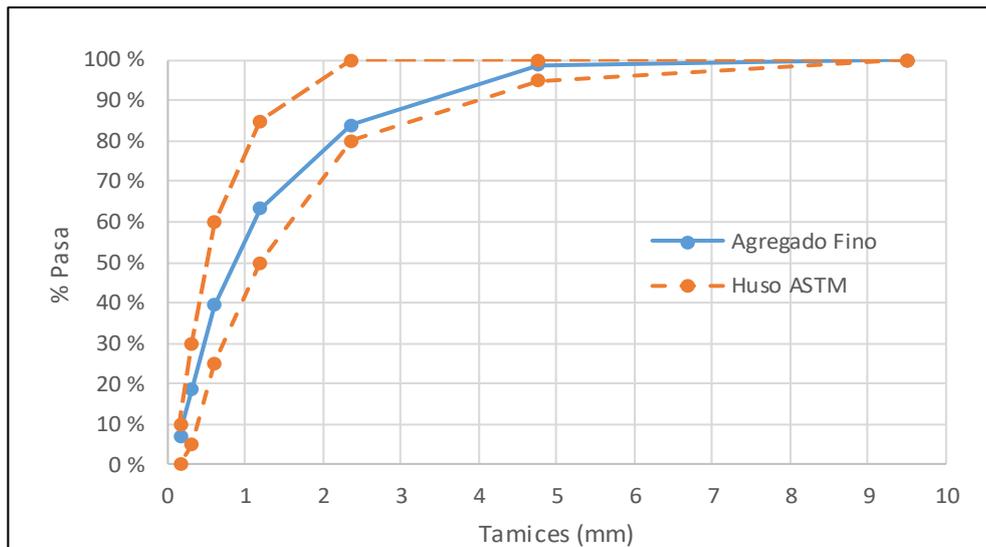
- Se procede a secar la muestra por 24 horas con una temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$  para luego pesar el agregado y seleccionar los tamices para realizar los ensayos, colocando la muestra y agitando los tamices aproximadamente 5 minutos.
- Se deja reposar los tamices por al menos 3 minutos y se destapa el primer tamiz para saber y observar cuánto retuvo cada tamiz, para poder obtener la cantidad que se utilizó principalmente.

##### Cálculos

**Tabla 3.1** Resumen granulométrico del agregado fino

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA HUSO ASTM
(Pulg)	(mm)				
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00	100.00
N°4	4.75	1.10	1.10	98.90	95 - 100
N°8	2.36	14.80	15.90	84.10	80 - 100
N°16	1.18	20.90	36.80	63.20	50 - 85
N°30	0.60	23.70	60.50	39.50	25 - 60
N°50	0.30	20.90	81.40	18.60	5 - 30
N°100	0.15	11.50	92.90	7.10	0 - 10
FONDO		7.10	100.00	0.00	

**Figura 3.1** Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

### 3.1.6.2. Agregado Grueso - Piedra Chancada

#### Procedimiento

- Se pesa la muestra del agregado grueso y se coloca al horno.
- Secar la muestra por 24 horas con una temperatura de 110°C.
- Se selecciona los tamices que se utilizarán.

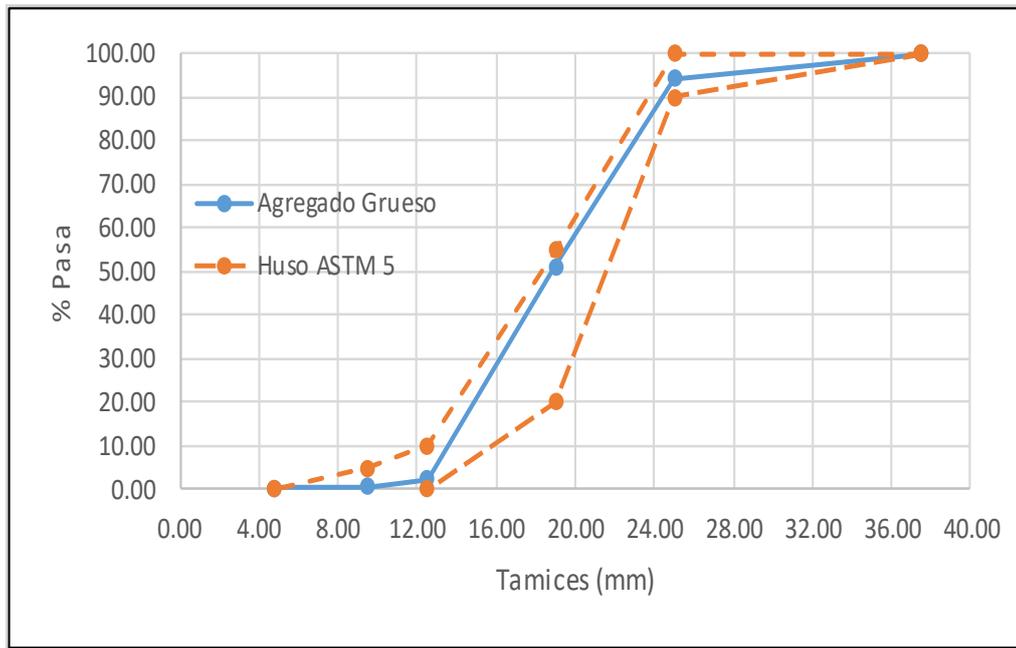
#### Cálculos

**Tabla 3.2** Resumen granulométrico del agregado grueso

TAMIZ		%RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA HUSO ASTM
(Pulg)	(mm)				
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00	100.00
1"	25.00	5.50	5.50	94.50	90 - 100
3/4"	19.00	43.40	48.90	51.10	20 - 55
1/2"	12.50	48.70	97.60	2.40	0 - 10
3/8"	9.50	1.70	99.30	0.70	0 - 5
N°4	4.75	0.40	99.70	0.30	-
FONDO		0.30	100.00	0.00	

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales – UNI

**Figura 3.2** Curva granulométrica del agregado grueso



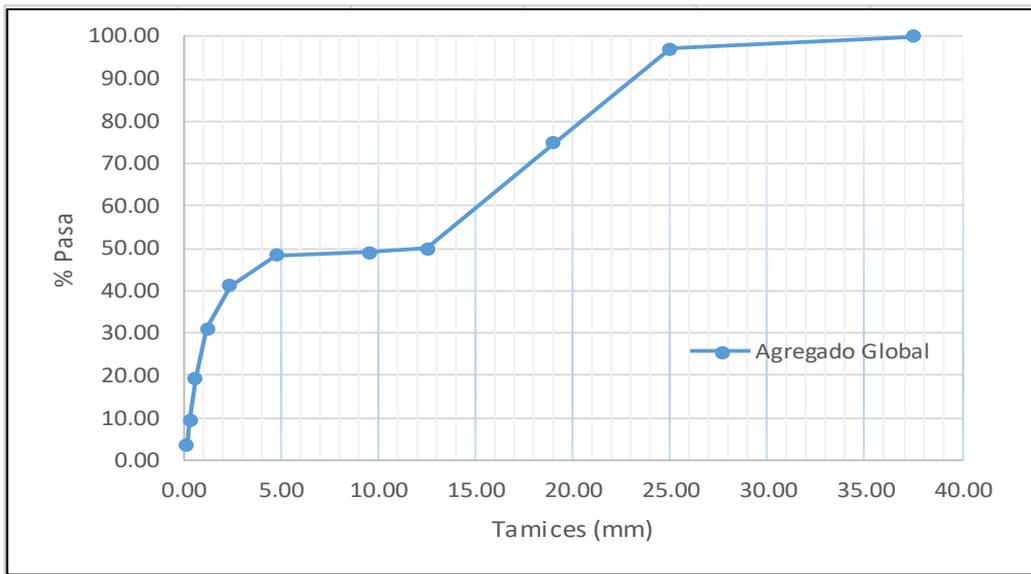
Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

**Tabla 3.3** Límites granulométricos para el agregado global

TAMIZ		%RET.	% RET. ACUM.	% PASA
(Pulg)	(mm)			
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	2.8	2.80	97.20
3/4"	19.00	22.20	25.00	75.00
1/2"	12.50	25.00	50.00	50.00
3/8"	9.50	0.90	50.90	49.10
N°4	4.75	0.70	51.60	48.40
N°8	2.36	7.20	58.80	41.20
N°16	1.18	10.20	69.00	31.00
N°30	0.6	11.6	80.60	19.40
N°50	0.3	10.2	90.80	9.20
N°100	0.15	5.6	96.40	3.60
FONDO		3.6	100.00	0.00

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales – UNI

**Figura 3.3** Curva granulométrica del agregado global



Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

### 3.1.7. Módulo de Fineza

El módulo de fineza es la sumatoria de los porcentajes de cada malla obtenidos al realizar el tamizado. Esto quiere decir que determina el tamaño de las partículas de los agregados. Se utiliza la NTP 400.011.

#### 3.1.2.1. Agregado Fino - Arena Gruesa

##### Cálculo

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acum. (1 1/2" ; 3/4" ; 3/8" ; \#4 ; \#8 ; \#16 ; \#30 ; \#50 ; \#100)}{100}$$

$$MF = 2.88$$

#### 3.1.2.2. Agregado Grueso - Piedra Chancada

##### Cálculo

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acum. (1 1/2" ; 3/4" ; 3/8" ; \#4 ; \#8 ; \#16 ; \#30 ; \#50 ; \#100) + 5 \times 100}{100}$$

$$MF = 7.47$$

En las siguientes tablas se muestra el resumen de los datos obtenidos en laboratorio de las propiedades de los agregados de acuerdo a los procedimientos anteriores.

**Tabla 3.4** *Resumen de las Propiedades Físicas Agregado Fino*

Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1566
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1693
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.64
Contenido de Humedad (%)	2.50
Porcentaje de Absorción (%)	0.85
Módulo de Fineza	2.88

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

**Tabla 3.5** *Resumen de las Propiedades Físicas Agregado Grueso*

Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1408
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1573
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.55
Contenido de Humedad (%)	0.47
Porcentaje de Absorción (%)	0.93
Módulo de Fineza	7.47

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

**Tabla 3.6** *Resumen de las Propiedades Físicas Agregado Global*

Tamaño Nominal Máximo	1"
Módulo de Fineza	5.23
% Agregado Grueso	51.23
% Agregado Fino	48.77

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

## 3.2. Diseño de Mezcla del Concreto

### 3.2.1 Método de Diseño del Comité 211 del ACI

Este es el método más común, usado para las construcciones de viviendas y edificaciones, consiste en hallar la relación agua/cemento para obtener una buena dosificación de acuerdo al slump requerido. También se obtiene las proporciones de los agregados para calcular la cantidad de material que se utilizará en la elaboración de las muestras (probetas).

**Tabla 3.7** Características Generales - ACI

Denominación	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
Asentamiento	3" - 4"
Relación a/c de diseño	0.56
% Aire	1.00

Fuente: Propia

**Tabla 3.8** Resumen de la Cantidad de Material a Utilizar - ACI

Agregados	Cantidad de Material por bolsa de Cemento
Cemento	42.50 Kg
Arena	95.07 Kg
Piedra	147.96 Kg
Agua	22.95 L

Fuente: Propia

**Tabla 3.9** Proporciones Aproximadas en Volumen - ACI

	Cemento	Arena	Piedra
Proporciones	1	: 2.14	: 3.71
Agua	22.95 L/bolsa		

Fuente: Propia

En las tablas podemos observar los datos que se utilizaron para realizar el cálculo de la cantidad de material a utilizar según sea el caso, teniendo en cuenta que se realizó por cantidad de bolsa de cemento y por la capacidad máxima de la máquina donde se realizará la mezcla.

### 3.2.2. Método Bolomey

Se dice que el método de Bolomey es el corregido de método de Fuller, se utiliza las mismas tablas para efectuar la dosificación. Éste diseño fue entregado por el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, la cual se basa en el método Bolomey para entregar sus resultados.

**Tabla 3.10** *Características Generales - Bolomey*

Denominación	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
Asentamiento	3" - 4"
Relación a/c de diseño	0.61
Relación a/c de obra	0.58
Proporciones de diseño	1 : 2.53 : 2.56
Proporciones de obra	1 : 2.59 : 2.57

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

**Tabla 3.11** *Resumen de la Cantidad de Material a Utilizar – Bolomey*

Agregados	Cantidad de Material por m <sup>3</sup> de Concreto	Cantidad de Material por m <sup>3</sup> de Concreto en Obra	Cantidad de Material por bolsa de Cemento
Cemento	355 Kg	355 Kg	42.50 Kg
Arena	897 Kg	920 Kg	110.17 Kg
Piedra	908 Kg	913 Kg	109.29 Kg
Agua	216 Kg	206 L	24.64 L

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

**Tabla 3.12** *Proporciones Aproximadas en Volumen - Bolomey*

	Cemento	Arena	Piedra
Proporciones	1	: 2.46	: 2.72
Agua	24.64	L/bolsa	

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

### 3.2.3. Comparación del Método ACI y el Método Bolomey

La diferencia de estos dos métodos radica en la diferencia de los procedimientos de tal manera que el Método Bolomey no hace correcciones a su dosificación inicial, ya que presuntamente ya cumple con los requerimientos de resistencia necesaria, mientras que el Método ACI hace su procedimiento más fácil de realizar, intentando llegar a su dosificación final de una manera más rápida y práctica.

**Tabla 3.13** Comparación de Resultados de los Métodos ACI y Bolomey

		Cemento	Arena	Piedra
<b>Método ACI</b>	<b>Proporciones</b>	1	: 2.14	: 3.71
	<b>Agua</b>	22.95	L/bolsa	
<b>Método Bolomey</b>	<b>Proporciones</b>	1	: 2.46	: 2.72
	<b>Agua</b>	24.64	L/bolsa	

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

Como se puede observar en la Tabla 3.13. Los resultados de las proporciones que se obtienen de cada método varían de forma significativa, notándose así mayor diferencia en la cantidad de piedra a utilizar. También es la diferencia de la relación agua/cemento, se sabe que, con la cantidad de agua agregada a la mezcla, comprobamos que el slump requerido es el correcto, obteniendo mayor trabajabilidad y densidad del concreto.

Para esta investigación se decidió utilizar el Método Bolomey ya que las pruebas de los materiales fueron realizadas en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad de Ingeniería y los resultados que entrega dicha institución son con este método.

### 3.3. Elaboración de Muestras

**Tabla 3.14** Cantidad de Material e Instrumentos a Utilizar

	Probetas	Vigas
<b>Materiales</b>	Cemento Tipo I = 39.02 kg	Cemento Tipo I = 39.02 kg + 19.51 kg
	Agua = 22.77 kg	Agua = 22.77 kg + 11.39 kg
	Piedra Chancada de ½ = 88.39 kg	Piedra Chancada de ½ = 88.39 kg + 44.20 kg
	Arena Gruesa = 87.69 kg	Arena Gruesa = 87.69 kg + 43.85 kg
	Moldes para probetas 6" x 12"	Moldes para vigas 15x15x53 cm
<b>Instrumentos</b>	Carretilla	
	Varilla lisa de 5/8 pulg.	
	Martillo de goma	
	Cucharón	
	Balanza electronica	
	Mezcladora	

Fuente: Propia

### 3.3.1. Elaboración de Probetas

#### Procedimiento

- Se procede a aplicar el desmoldante al interior de los moldes de las probetas para proteger los moldes y luego poder retirar las muestras con total facilidad.

*Figura 3.4* Colocación de desmoldante a los moldes de probetas



- Luego se pesa cada material en la balanza electrónica, de acuerdo a la cantidad que necesaria ya calculada en la Tabla 3.14.

*Figura 3.6* Peso de la Piedra



*Figura 3.5* Peso del Agua



**Figura 3.7** Peso de la Arena



**Figura 3.8** Peso del Cemento



- Después se lleva el material que se va a utilizar, a la mezcladora y se procede al mezclado para obtener la consistencia deseada y Cuando se termina la mezcla se coloca el material en la carretilla para poder seguir con el ensayo de la consistencia del concreto. (Ensayo de Revenimiento).

**Figura 3.9** Colocación del Material a la Mezcladora



**Figura 3.10** Mezcla del Concreto



- Luego con el cucharón se tomó un poco de mezcla para colocarlo al cono de abrams y llenarlo por completo, se retiró el cono rápidamente, y se midió con la varilla y la wincha, el slump de 3.5”.

**Figura 3.11** Ensayo del cono de abrams



**Figura 3.12** Verificación del slump



- Verificado el slump requerido, se procede a llenar los moldes de las probetas en 3 capas bien distribuidas, y después de cada capa se compacta el material con la varilla realizando 25 inserciones y 10 golpes con el martillo de goma para liberar burbujas de aire.

**Figura 3.13** Compactación del material

**Figura 3.14** Vaciado de la muestra



- Finalmente se colocan las probetas en agua cubriéndolas por completo para el curado de 21 días consecutivos. Pasados los días de curado, se procedió a retirar las probetas del agua para colocarlas en un lugar para el secado correspondiente antes de cualquier manipulación de los especímenes

**Figura 3.16** Curado de probetas



**Figura 3.15** Extracción de probetas



### 3.3.2. Elaboración de Vigas

#### Procedimiento

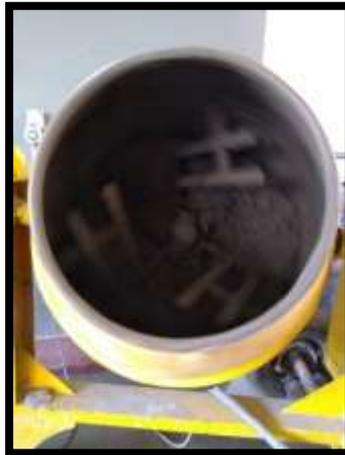
- Se procede a aplicar el desmoldante al interior de los moldes de las vigas para protegerlos y al retirar las muestras se pueda realizar con total facilidad.

**Figura 3.17** Colocación del desmoldante



- Luego como se muestra anteriormente en las figuras 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8 se realizó el peso de cada material en la balanza electrónica para luego llevarlos a la máquina y se proceda al mezclado para obtener la consistencia deseada.

**Figura 3.18** Mezcla de los agregados



- Se procede a llenar los moldes de las vigas en 3 capas bien distribuidas, y después de cada capa se compacta el material con la varilla realizando 25 inserciones y 10 golpes con el martillo de goma para liberar las burbujas de aire.

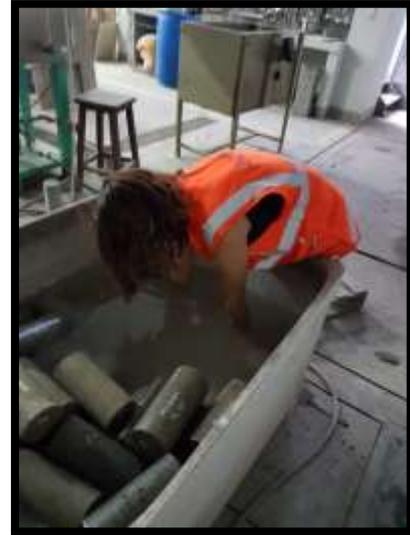
**Figura 3.19** Vaciado del Material



- Finalmente se colocan las vigas en agua cubriéndolas por completo para el curado de 21 días consecutivos. Pasados los días de curado, se procede a retirar las vigas para llevarlas a secar a un lugar seguro.

**Figura 3.20** Extracción de Vigas

**Figura 3.21** Curado de vigas



- Se colocan las muestras en un lugar seco y seguro para reposar el tiempo necesario antes de realizar el quemado. Ya que las muestras necesitan pasar por un secado total y parejo para unos buenos resultados.

**Figura 3.22** Muestras en proceso de secado



### 3.4. Sistema de Quemado de las Muestras

Las muestras que fueron expuestas tuvieron un proceso de curado de 21 días y se establecieron de la siguiente manera, siendo divididas en 3 grupos de ensayos (a la compresión, tracción y módulo de rotura) y 4 grupos por temperatura (250°C, 350°C, 450°C y 550°C). Siendo así 30 probetas de 15x30 cm y 10 vigas de 53x15x15 cm para la relación a/c estudiada. Estableciendo 24 probetas y 8 vigas que fueron expuestas al fuego directo, dejando así 6 muestras patrón de probetas por 2 grupos de ensayo (Compresión y tracción) y 2 muestras patrón de vigas para el ensayo de rotura y así poder ser evaluadas a temperatura ambiente. Se separaron las 24 probetas y 8 vigas que serán llevadas al horno de la siguiente manera, un grupo de 12 probetas del ensayo de resistencia a la compresión, que fue separado en 4 grupos por temperatura de 3 muestras cada uno, otro grupo de 12 probetas del ensayo de resistencia a la tracción, que fue separado en 4 grupos por temperatura de 3 muestras cada uno y por último las vigas del ensayo de módulo de rotura, que fueron separadas en 4 grupos por temperatura de 2 muestras cada uno.

Cuando cada grupo de muestras estuvieron expuestos al fuego, se monitoreó con el termómetro Laser (Pirómetro) tomando lecturas cada 20 minutos hasta alcanzar la temperatura deseada. Tras el proceso de quemado, las muestras se extrajeron y pasaron a otro cilindro para un enfriamiento parejo de todas las muestras siendo dejadas por 24 horas aproximadas para que queden superficialmente a temperatura ambiente, pero con los daños ya causados por el fuego directo.

**Figura 3.23** Colocación del combustible



**Figura 3.24** Quemado de muestras



**Figura 3.25** Muestras con altas temperaturas



**Figura 3.26** Muestras en estado de enfriamiento



### **3.4.1. Elementos Utilizados**

#### **3.4.1.1. Horno De Quemado y Cilindro de Reposo**

Para la investigación se utilizó un horno cilíndrico especial para el quemado de muestras de concreto. Éste cuenta con diámetros de 0.85 m y 0.60 m externo e interno respectivamente sobre una plancha metálica de 0.90 m x 0.90 m con 4 ruedas en las esquinas para hacer un fácil movimiento y traslado del horno. La pared exterior está recubierta por lana mineral de roca que evita el calentamiento del cilindro y por una barra metálica para proteger la pared interna. En la parte inferior se encuentra una parrilla de fierros de 5/8 pulgada para el soporte de las muestras, y la tapa posee una abertura para ser utilizada como chimenea y se pueda excluir el humo producido por el fuego. Para la colocación y extracción de material combustible (madera, carbón, etc.), el horno posee una pequeña abertura rectangular deslizable en la parte inferior de la circunferencia.

El cilindro de reposo posee un diámetro de 0.60 m y una altura de 0.90 m sobre una plancha metálica con diámetro de 0.88 m que cuenta con 4 ruedas para la facilidad del movimiento de éste. El cilindro fue utilizado para la colocación de las muestras luego de ser quemadas y así poder tener un enfriamiento semejante entre todos los especímenes.

**Figura 3.27** Horno de quemado y Cilindro de reposo



#### **3.4.1.2. Termómetro Láser Infrarrojo (Pirómetro)**

Se utilizó un termómetro infrarrojo con un alcance de  $-50^{\circ}\text{C}$  hasta los  $1000^{\circ}\text{C}$  ( $-58^{\circ}\text{F}$  hasta  $1832^{\circ}\text{F}$ ), contando con un puntero láser para determinar la temperatura de cada material sin contacto alguno. Tiene una pantalla para visualizar los grados alcanzados y si es necesario se puede iluminar la pantalla ya que posee luz propia. El mismo, posee una alarma producida por un sonido agudo para el aviso de que se ha alcanzado la temperatura deseada. Tiene un peso aproximado de 180 gramos haciendo el uso fácil del aparato y se utiliza con una pila de 9 voltios para ser recargado y poder utilizarse con total normalidad.

La facilidad del uso de este termómetro hizo que el trabajo sea mucho más rápido ya que el láser infrarrojo se apunta a una distancia no menor a 60 cm de la muestra expuesta al fuego directo.

Este termómetro se utilizó para determinar las temperaturas deseadas de cada muestra, utilizando el láser infrarrojo y haciendo más fácil el trabajo para la lectura de los grados centígrados ya que las temperaturas requeridas fueron  $250^{\circ}\text{C}$ ,  $350^{\circ}\text{C}$ ,  $450^{\circ}\text{C}$  y  $550^{\circ}\text{C}$ .

*Figura 3.28* Pirómetro



*Figura 3.29* Aplicación del Pirómetro en el quemado de las probetas



### 3.4.1.3. Guantes y Combustible

Para encender el fuego se utilizó carbón, petróleo y madera reciclada de construcción que fue recolectada de los botaderos de la Universidad de Ingeniería (UNI) donde se realizó el quemado de las muestras. Para poder colocar y sacar las muestras del horno se utilizó unos guantes especiales para soportar el calor.

*Figura 3.30* Guantes especiales



*Figura 3.31* Madera



### 3.5. Resultados de Ensayos

#### 3.5.1. Ensayo a la Compresión

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión que a la tracción debido a las propiedades mecánicas que tiene el concreto endurecido. Las propiedades mecánicas del concreto varían de acuerdo al diseño de mezcla que se realice como, por ejemplo, la trabajabilidad, durabilidad, etc.

**Tabla 3.15** Datos obtenidos en Laboratorio de Resistencia a la Compresión

N°	Identificación de la Muestra	Área (cm <sup>2</sup> )	Masa (kg)	Carga (kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura
1	MTAMB-1C	177.5	13.26	47054.8	265	3
2	MTAMB-2C	180.3	13.10	49274.5	273	4
3	MTAMB-3C	178.5	13.89	52415.6	294	3
4	MT250-1C	180.3	12.98	41522.2	230	3
5	MT250-2C	180.3	12.72	42091.5	233	2
6	MT250-3C	178.5	12.87	44598.3	250	5
7	MT350-1C	179.7	12.51	35798.7	199	5
8	MT350-2C	179.1	12.30	39633.4	221	3
9	MT350-3C	179.1	12.05	38870.1	217	2
10	MT450-1C	180.3	11.86	20290.0	113	2
11	MT450-2C	179.1	12.01	25151.8	140	3
12	MT450-3C	177.9	11.86	22038.6	124	2
13	MT550-1C	177.9	11.88	21283.6	120	2
14	MT550-2C	179.1	11.97	20900.4	117	3
15	MT550-3C	178.5	11.95	15206.4	85	2

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales – UNI

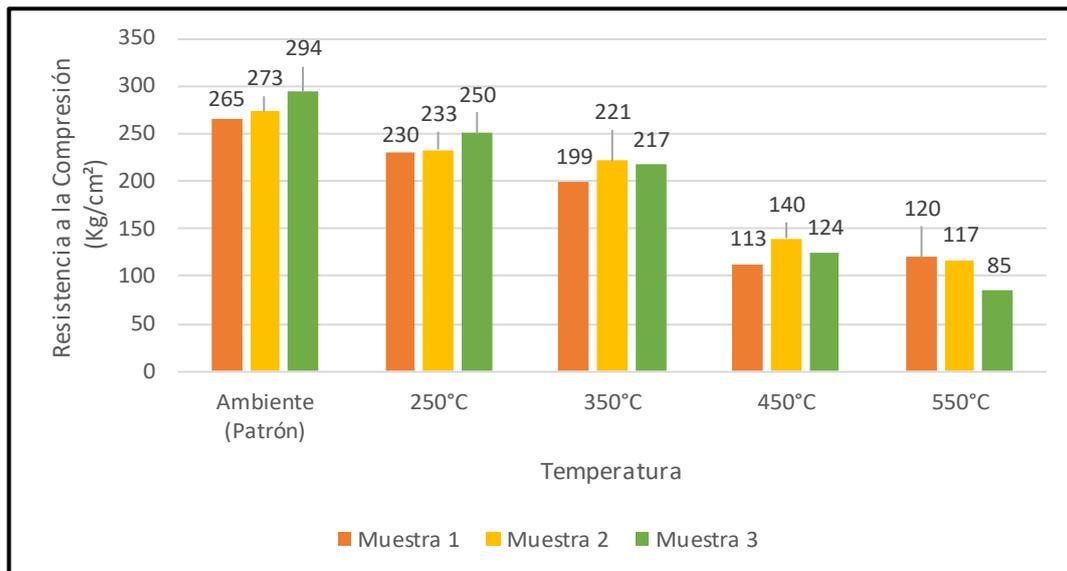
La resistencia a la compresión de las probetas varía de acuerdo a los diferentes tipos de temperatura que han sido expuestos, el cual pierde un porcentaje de masa parcial que afecta directamente al esfuerzo que tienen las probetas al momento de ser ensayadas. El tiempo influye directamente para llegar a las diferentes temperaturas, que varían entre 1 a 4 horas. Hay diferentes tipos de fracturas que se generan en el cuerpo de las probetas al momento de ser ensayadas, que están divididas en 5 grupos diferentes.

**Tabla 3.16** Resumen de Datos de la Resistencia a la Compresión de cada Probeta

		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )			
Muestras Temp.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio	
Ambiente	265	273	294	277.33	
250°C	230	233	250	238.67	
350°C	199	221	217	212.33	
450°C	113	140	124	125.67	
550°C	120	117	85	107.33	

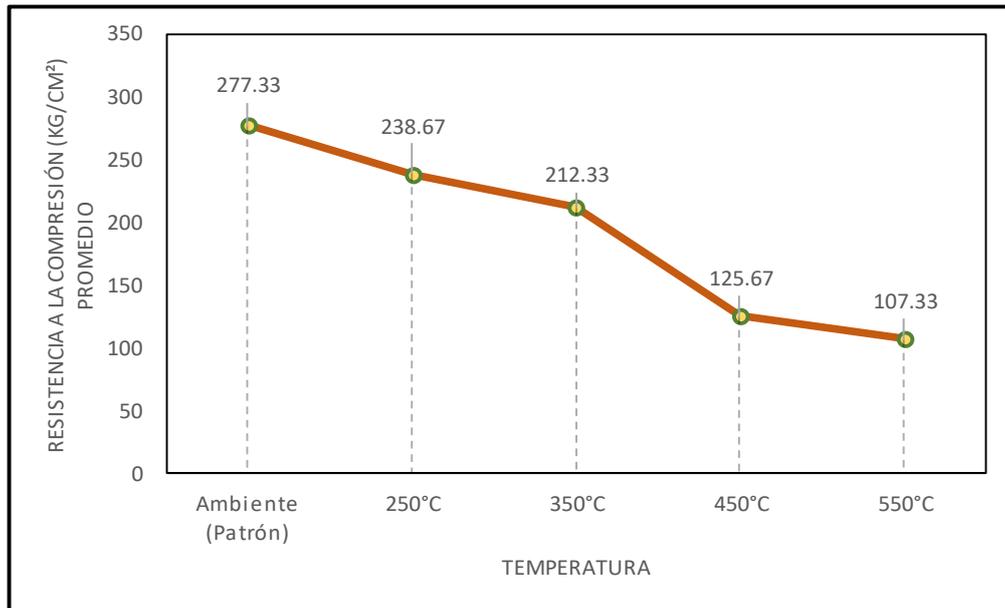
Fuente: Propia

**Figura 3.32** Diferencia de la Resistencia a la Compresión entre las Muestras Patrón y las Muestras sometidas a Temperatura



La figura 3.35 nos indica la reducción de la resistencia a la compresión de las probetas de manera descendente de acuerdo a los diferentes tipos de temperaturas expuestas en el horno al fuego directo. La variación de resistencia en cada grupo de temperatura es de 10 % a 12% aproximadamente, esto se debe por diferentes factores, ya sea al momento de realizar la mezcla, el proceso de vaciado a los moldes de las probetas, el quemado, etc.

**Figura 3.33** Comparación de los Promedios de la Resistencia a la Compresión de cada Temperatura



Las probetas patrón con una temperatura ambiente tienen un promedio de resistencia a la compresión  $f'c = 277.33 \text{ kg/cm}^2$  a comparación de las probetas de temperatura más elevada de  $550^\circ \text{C}$  es de  $f'c = 107.33 \text{ kg/cm}^2$ , la resistencia se reduce un 61.30 % del total del promedio de las muestras patrón.

### 3.5.2. Ensayo a la Tracción por Compresión Diametral

Según la norma peruana NTP 339.084, este ensayo consiste en emplear la fuerza de compresión en el largo transversal del espécimen cilíndrico de concreto (probeta) hasta que este falle por su longitud de diámetro. La resistencia a la tracción soporta una menor carga que la resistencia a la compresión, debido al tipo de colocación de la muestra a ensayar y ubicación donde se aplica la presión, es por ello que su falla es mucho más rápida que la que ocurre en un ensayo a compresión.

**Tabla 3.17** Datos obtenidos en Laboratorio de Resistencia a la Tracción

N°	Identificación de la Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Masa (Kg)	Carga (kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	MTAMB-1T	15.2	30.10	13.28	10454.3	14.5
2	MTAMB-2T	15.1	30.10	13.30	12185.3	17.1
3	MTAMB-3T	15.1	30.00	13.27	13796.7	19.4
4	MT250-1T	15.1	30.20	12.61	10112.4	14.1
5	MT250-2T	15.1	30.15	13.01	9713.3	13.6
6	MT250-3T	15.1	30.20	12.89	9062.4	12.7
7	MT350-1T	15.0	30.30	11.97	8980.4	12.6
8	MT350-2T	15.2	30.25	12.31	8720.4	12.1
9	MT350-3T	15.2	30.00	12.16	8046.6	11.2
10	MT450-1T	15.2	30.20	11.77	6048.1	8.4
11	MT450-2T	15.2	30.10	11.75	6081.0	8.5
12	MT450-3T	15.0	30.20	12.19	6689.6	9.4
13	MT550-1T	15.1	30.25	11.79	5258.7	7.3
14	MT550-2T	15.2	30.12	11.96	5484.0	7.6
15	MT550-3T	15.1	30.10	11.85	5562.3	7.8

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales – UNI

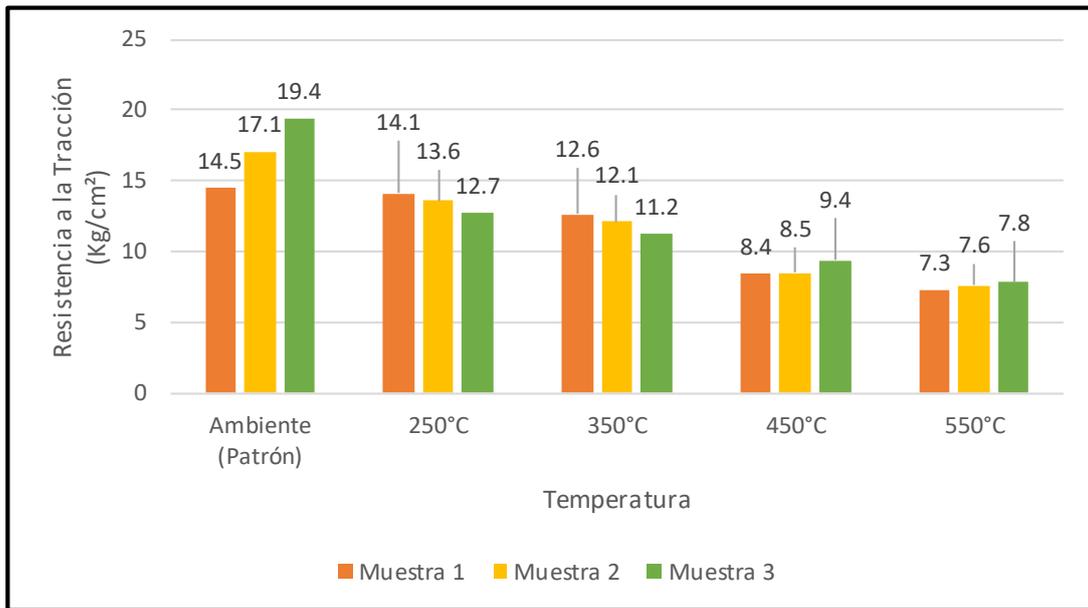
La resistencia a la tracción de las probetas varía de acuerdo a los diferentes tipos de temperatura que han sido expuestos como en los resultados de los ensayos a compresión, pero el valor de la resistencia a la tracción es mínimo a comparación a los valores del ensayo a la resistencia a la compresión, la diferencia de valores es de un 93 % aproximadamente. El porcentaje de pérdida masa parcial es afectado directamente por los diferentes tipos de temperatura que se ha realizado.

**Tabla 3.18** Resumen de Datos de la Resistencia a la Tracción de cada Probeta

Muestras Temp.	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Ambiente	14.5	17.1	19.4	17
250°C	14.1	13.6	12.7	13.47
350°C	12.6	12.1	11.2	11.97
450°C	8.4	8.5	9.4	8.77
550°C	7.3	7.6	7.8	7.57

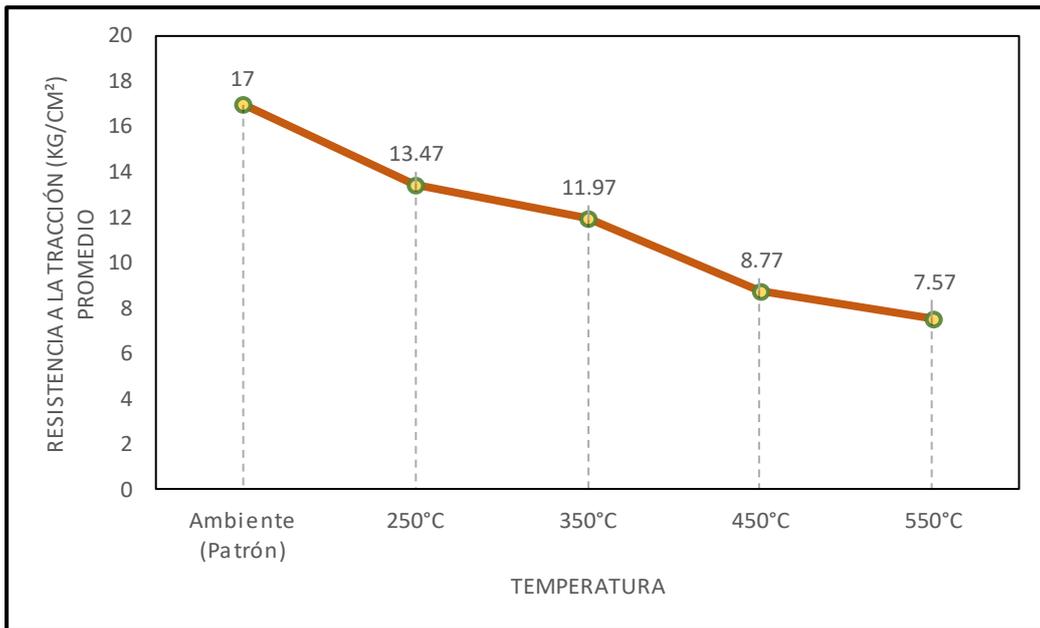
Fuente: Propia

**Figura 3.34** Diferencia de la Resistencia a la Tracción entre las Muestras Patrón y las Muestras sometidas a Temperatura



Las probetas de temperatura ambiente tienen un promedio de resistencia a la tracción  $f'_c = 17 \text{ kg/cm}^2$  y las probetas de temperatura  $550^\circ \text{C}$  es de  $7.6 \text{ kg/cm}^2$ , la resistencia se reduce un 55.30 % del total del promedio de las muestras patrón. El cuadro de barras nos indica la reducción de la resistencia a la tracción de las probetas de manera descendente de acuerdo a los diferentes tipos de temperaturas expuestas en el horno. La variación de resistencia en cada grupo de temperatura es de 20% a 25% aproximadamente, esto es debido por diferentes factores, ya sea al momento de realizar la mezcla, el proceso de vaciado a los moldes de las probetas, el quemado, etc.

**Figura 3.35** Comparación Temperatura de los Promedios de la Resistencia a la Tracción de cada Temperatura



Como se puede observar, las probetas patrón que no fueron expuestas al fuego y solo cuentan con una temperatura ambiente, tienen un promedio de resistencia a la tracción  $f^c = 17 \text{ kg/cm}^2$  y comparando con la temperatura más elevada de  $550^\circ \text{C}$  es de  $f^c = 7.57 \text{ kg/cm}^2$ , la resistencia se reduce significativamente un 55.47 % del total del promedio de las muestras patrón. Analizando así que la temperatura afecta de manera propia a las muestras.

### 3.5.3. Ensayo al Módulo de Rotura

Este ensayo se realizó con el método a la flexión por cargas central, se le conoce también como resistencia a la tracción por flexión o simplemente resistencia a la flexión. El módulo de ruptura se define como la tensión máxima de una muestra rectangular puede soportar en una prueba de flexión.

**Tabla 3.19 Resistencia a la Flexión de cada Viga**

N°	Identificación	Luz (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	VTAMB - 1	45.0	824.6	1930	36.4
2	VTAMB - 2	45.0	826.2	1720	31.6
3	VT250 - 1	45.0	810.2	509	9.9
4	VT250 - 2	45.0	800.3	578	11.2
5	VT350 - 1	45.0	808.6	353	6.6
6	VT350 - 2	45.0	816.2	316	5.8
7	VT450 - 1	45.0	804.8	204	3.9
8	VT450 - 2	45.0	800.3	309	6.0
9	VT550 - 1	45.0	803.3	157	3.0
10	VT550 - 2	45.0	824.6	192	3.5

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales – UNI

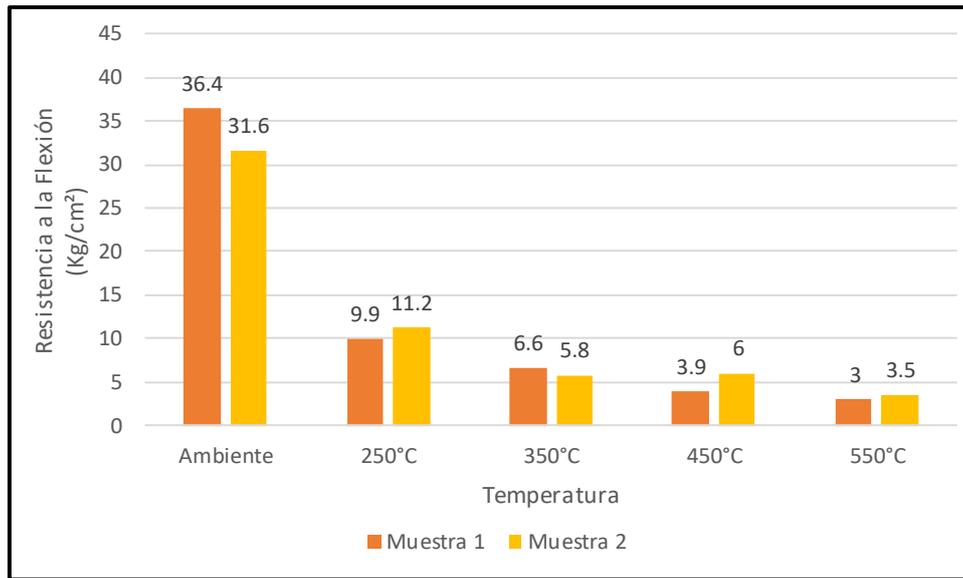
La resistencia a la flexión de las vigas disminuye significativamente al ser ensayadas luego de haber sido expuestas al fuego directo. Con estos datos podemos observar que al aplicarles más carga (kg) menos es la resistencia esto debido a las altas temperaturas a la que fueron expuestas e influye de forma notoria en las vigas.

**Tabla 3.20 Resumen de Datos de la Resistencia a la Flexión de cada Viga**

Muestras Temp.	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )		
	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Ambiente	36.4	31.6	34.00
250°C	9.9	11.2	10.55
350°C	6.6	5.8	6.20
450°C	3.9	6.0	4.95
550°C	3.0	3.5	3.25

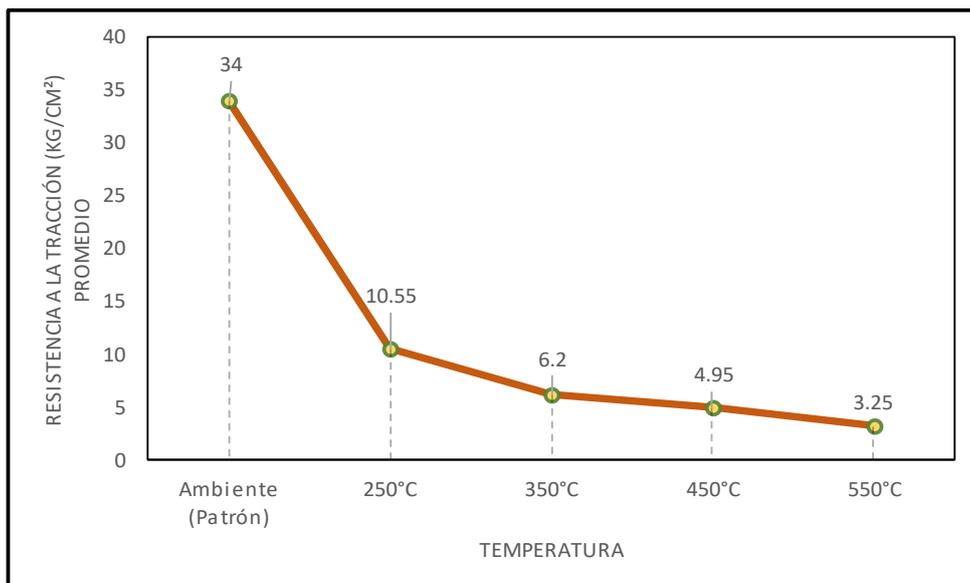
Fuente: Propia

**Figura 3.36** Diferencia de la Resistencia a la Flexión entre las Muestras Patrón y las Muestras sometidas a Temperatura



Como se puede apreciar, los datos nos indican la reducción de la resistencia a la flexión de manera descendente por los diferentes tipos de temperaturas a las que las muestras fueron expuestas. La diferencia de resistencia de cada espécimen dentro de cada grupo de temperatura es alrededor de 13 % a 14%.

**Figura 3.37** Comparación de los Promedios de la Resistencia a la Flexión de cada Temperatura



Las muestras patrón con temperatura ambiente poseen con un promedio de resistencia a la flexión mayor a las muestras que fueron expuestas al calor, mostrando así datos como  $f'c = 34 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 3.25 \text{ kg/cm}^2$  para las muestras patrón y las muestras expuestas a  $550^\circ \text{ C}$  respectivamente. Diferenciándose así por 90.44 % de disminución en la resistencia de la muestra patrón.

## **IV. DISCUSIÓN**

Alvarado, (2013) Estudio del Comportamiento del Concreto Estructural Expuesto al Fuego. Tesis para optar el Título en Ingeniería. El autor afirma que la resistencia a flexión de cada elemento disminuye debido a la relación de la temperatura y el tiempo al que se encuentran expuestas las muestras, con un tiempo de intervalo de cada 30 min, siendo efectuados como 30min, 60min, 90min, 120min, 150min y 180min donde las muestras poseen un cambio físico como calcinación, fisuras y cambios de color. Así mismo también obtuvo que cuando el concreto llega a los 1000°C su peso disminuye en un 21% causando fisuras y baja resistencia. A las temperaturas mayores a 900°C la resistencia bajó al 50% presentando calcinación presentando modificaciones en su estructura interna. De esto se obtiene una gran disminución de la resistencia en sus resultados de los ensayos a flexión, por tal motivo coincido con la investigación del autor debido a que en la presente investigación también se presenta la disminución de masa con un porcentaje de 25.87% de las muestras sometidas a 550° C a comparación de las muestras patrón. La resistencia disminuye a medida que la temperatura aumenta presentando un 90.44% de la disminución de la resistencia del concreto.

Sailer (2007) Descripción y Análisis de Incendios Importantes para Proponer Criterios de Diseño. Tesis para optar el Título en Ingeniería, Universidad de Chile. El autor sostiene que el concreto es considerado un material de buen comportamiento frente al fuego y depende del combustible, la ventilación, tiempo o compartimentaciones que existen en el momento del incendio para aumentar la resistencia del concreto. Es por eso que es necesario proyectar criterios para intentar mejorar los diseños futuros y obtener así una óptima construcción. Obteniendo que las propiedades mecánicas varían apenas la temperatura alcanza los 250°C, cuando llega a los 540°C la estructura llega a su estado grave al no soportar las cargas de diseño, estos están hechos con concreto armado. Entonces el autor deduce que el concreto es un elemento que soporta de una forma considerable el calor, protegiendo así al acero con un determinado recubrimiento. Por lo cual a lo contrario de esta investigación donde se habla exactamente del concreto sometido a altas temperaturas, sin acero de por medio, llegamos a la misma conclusión de que las altas temperaturas y el tipo de combustible con el que se inicia el fuego, afectan considerablemente las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Flores, (2012) Estudio del comportamiento de estructuras durante un incendio usando como ejemplo el Edificio Emilio Pugín UACH Valdivia. Tesis para optar el Título en Ingeniería.

El autor indica que el material que soporta mejor la acción del fuego es el concreto a diferencia del acero, ya que presenta deformación debido al descenso de su módulo de elasticidad. Los cambios físicos y mecánicos en los materiales y estructuras, se deben al estado del concreto después de ser sometido a altas temperaturas. Según el programa SAFIR en una hora la temperatura aumenta hasta los 600°C a 4.5 cm dentro del recubrimiento afectando al acero, por lo tanto, si el recubrimiento es de 5 cm entonces el acero estaría menos afectado, pero con el programa SAP2000 cuando el elemento llega a los 300°C se debe duplicar la cantidad de acero y si llega a los 600°C se cuadruplica y que se tendría problemas con secciones pequeñas. Hay que saber que éstos programas solo entregan como resultados solo una aproximación de la realidad. En cambio, a los ensayos sometidos en esta investigación en el cual no se utilizó ningún programa similar a los que manipuló el autor y no se utilizó acero, de todas maneras, se puede concluir que el concreto es un elemento importante en la construcción, y que al ser sometido a fuego directo puede variar sus propiedades físicas, tal, así como en algunos datos obtenidos en esta investigación se aprecia la disminución de masa de las muestras de 25.87% de las muestras patrón. Eso puede exponer al acero claramente si lo tuviera. Entonces estoy de acuerdo con el autor que las altas temperaturas varían la respuesta física del concreto sometido al fuego directo exponiendo su parte interna al calor.

Huincho, (2017) Evaluación de la Resistencia Mecánica del Concreto Sometido a Altas Temperaturas por Incidencia del Fuego Directo. Tesis para optar el Título en Ingeniería. El autor sostiene que para su investigación utilizó 3 tipos de relación agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70 para garantizar óptimos resultados, realizando ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y módulo de elasticidad. Obteniendo pérdida de masa. Concluye diciendo que para un concreto de relación  $a/c=0.60$  se obtienen menos pérdida de resistencia que otras relaciones, teniendo así un mejor comportamiento ante la incidencia del fuego directo a comparación de las demás dosificaciones en las que el concreto obtuvo una menor resistencia al calor. Las muestras fueron sometidas a 1, 2 y 3 horas de exposición con tiempo controlado. Respecto a la resistencia a compresión para la relación  $a/c = 0.60$  obtuvo 71.5% de pérdida de resistencia alcanzando una temperatura máxima de 512° C y respecto a la resistencia a tracción para la misma dosificación y temperatura, obtuvo 83.9%. Por lo tanto, estoy de acuerdo con el autor ya que en esta investigación se tiene una dosificación de 0.61, teniendo pérdidas en la resistencia a la compresión con un porcentaje de 61.30% con

una temperatura de 550° C y 55.47% en la resistencia a la tracción, concluyendo que en ambas investigaciones la resistencia del concreto disminuye cuando se somete a altas temperaturas.

Chauca y Cruz, (2014) Evaluación del Concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> a altas temperaturas. Tesis para optar el Título en Ingeniería, Universidad Nacional del Santa. Los autores indican que se realizó 3 tipos de diseño para obtener diferentes resultados y comparaciones de la resistencia. Para ellos, se realizaron 36 muestras en total de las cuales fueron separadas en grupos de 12 muestras por cada dosificación. El concreto fue sometido a las relaciones  $a/c = 0.45$ ,  $a/c = 0.50$  y  $a/c = 0.60$  y a las temperaturas 300° C, 600° C y 800° C. Indican también, que usaron diferentes métodos de diseño para obtener las características de los componentes del concreto tales como: fuller, comité 211 del ACI y experimental, etc. Concluyendo que la resistencia a compresión del concreto con diseño de mezcla de 210kg/cm<sup>2</sup> posee una resistencia del 57.21% respecto al concreto patrón disminuyendo a 122.74 kg/cm<sup>2</sup>, estos resultados son con respecto a la temperatura de 550° C. Al igual que en la presente investigación se utilizó el método de diseño de concreto comité 211 del ACI, elaborando muestras con una dosificación de 0.60 se obtuvieron resultados similares, ya que la máxima disminución de resistencia a la compresión en una temperatura de 550° C es 61.30%, esto quiere decir que disminuyó a 107.33 kg/cm<sup>2</sup>, diferenciándose de la investigación de los autores con un 4.09% y 15.41 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Por tal motivo coincido con Chauca y Cruz ya que esta investigación tiene como resultados reducciones en la resistencia del concreto debido a la pérdida de humedad lo que ocasiona descascaramiento y desprendimiento del material.

## **V. CONCLUSIONES**

Se concluye que las altas temperaturas disminuyen las propiedades del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> de manera significativa, esto es de acuerdo a la temperatura a la que este es expuesto. El concreto falla debido a la pérdida de humedad por acción del fuego y se puede comprobar en el agrietamiento, fisuramiento, descascaramiento, coloración, etc. que se produce luego de estar expuesto a una alta temperatura por un determinado tiempo.

Se determinó que las altas temperaturas disminuyen la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Debido a que las probetas sometidas a fuego directo reducen sus valores significativamente por el grado de temperatura a la que las muestras se exponen teniendo una disminución de 13.94% para la temperatura de 250° C, 23.44% para una temperatura de 350° C, 54.69% para 450° C, y por último se obtuvo 61.30% para una temperatura expuesta de 550° C siendo esta la disminución de resistencia más significativa de este ensayo.

Las altas temperaturas disminuyen la resistencia a la tracción del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. El concreto logró reducir su resistencia de 17 kg/cm<sup>2</sup> (muestra patrón) a 7.57 kg/cm<sup>2</sup> (550° C) con una diferencia de 55.47%. Esto quiere decir que, para la dosificación diseñada, la pérdida de resistencia en el concreto es significativa teniendo los resultados de las diferentes temperaturas evaluadas como 250° C, 350° C y 450° C de los que se obtiene una disminución de resistencia a comparación de las muestras patrón de 20.76%, 29.59% y 48.41% correspondientemente. Se puede apreciar que el deterioro es acelerado para las temperaturas de 450° C en adelante teniendo una diferencia de 18.82% de reducción de valores entre las temperaturas 350°C y 450°C haciéndose notar más, ya que, la diferencia entre las dos bajas temperaturas (250°C y 350° C) presente una disminución de 8.83%.

Las altas temperaturas disminuyen la resistencia a la flexo-tracción del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Siendo así que, de acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio para los ensayos, podemos especificar que se debe a la evaporación del agua que contenía principalmente, lo que concluye que su resistencia decae severamente hasta un 90.44% en las muestras expuestas a la temperatura de 550° C de lo que ofrecen las muestras a temperatura ambiente (muestras patrón).

## **VI. RECOMENDACIONES**

Estudiar diferentes tipos de materiales no convencionales que pueden mejorar las propiedades mecánicas del concreto en el estado endurecido como también que sean de manera rentable y que no tengan impacto ambiental para poder realizar una edificación general de manera sostenible en beneficio para el medio ambiente.

Realizar un estudio de comportamiento del concreto armado frente al fuego y determinar qué tanto es la influencia de la temperatura en el concreto y en el acero y cuál es la diferencia de sus propiedades expuestas al calor.

Determinar la influencia del tarrajeo en una estructura expuesta al fuego directo, y comprobar que tanto influye este en la respuesta física - mecánica del concreto sin este.

Utilizar un horno industrial para obtener mejores resultados, ya que este abarca el área total de los especímenes al momento de ser quemados permitiendo una expulsión uniforme del fuego hacia todas las muestras.

Se recomienda utilizar el tiempo como una de las variables, y determinar cuánto disminuye la resistencia del concreto de acuerdo al tiempo de exposición al fuego. Para averiguar la relación que existe entre la temperatura tiempo.

Monitorear los diferentes cambios de temperatura que se obtienen por cada intervalo de tiempo en el quemado de las muestras en general, y en cuanto varía su resistencia de los ensayos que se realicen teniendo intervalos de una a más horas, se debe tener en cuenta también la capacidad máxima de temperatura en el horno a ensayar y en los materiales que se utilizan como combustible.

Se recomienda realizar diferentes tipos de diseño de mezcla y hacer una de la variación de resistencia a la compresión, tracción, módulo de rotura y hasta módulo de elasticidad, realizando una mayor cantidad de probetas y muestras de vigas para obtener valores más próximos con menos margen de error.

## **VII. REFERENCIAS**

- ALVARADO Aguirre, Giovanni Josué. Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2016. 90 pp.
  
- ARIAS, Fidias. El Proyecto de Investigación [en línea]. 6.<sup>a</sup> ed. Editorial Episteme, CA, 2012 [fecha de consulta: 15 de mayo de 2018].  
 Disponible en: <https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-C3%93N-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>  
 ISBN: 9800785299
  
- ASKELAND, Donald. Ciencia e Ingeniería de los Materiales. International Thomson. 3.<sup>a</sup> ed. México D.F: International Thomson Editores, 1998. 790 pp.  
 ISBN: 9687529369
  
- BISQUERRA, Rafael. Metodología de la Investigación Educativa [en línea]. 2.<sup>a</sup> ed. Madrid, España: La Muralla, S.A., 2009 [fecha de consulta: 23 de mayo de 2018].  
 Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=VSb4\\_cVukkcC&printsec=frontcover&dq=bisquerra+1999](https://books.google.com.pe/books?id=VSb4_cVukkcC&printsec=frontcover&dq=bisquerra+1999)  
 ISBN: 9788471337481
  
- Bomberos han atendido más de 4,000 incendios en lo que va del año [en línea]. Perú 21.PE. 8 de mayo de 2018 [fecha de consulta: 12 de mayo de 2018].  
 Disponible en: <https://peru21.pe/peru/bomberos-han-atendido-4-000-incendios-ano-video-406331>
  
- Características Del Agua en el Cemento. [en línea]. Scribd. 8 de diciembre de 2008 [fecha de consulta: 9 de junio de 2018].  
 Disponible en: <https://es.scribd.com/document/233117928/Caracteristicas-Del-Agua-en-El-Cemento>
  
- CHAUCA Rodríguez, Deyner y CRUZ Córdova, Marco. Evaluación del Concreto  $f^c=210$  kg/cm<sup>2</sup> a altas temperaturas. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Nuevo Chimbote, Perú: Universidad Nacional del Santa, 2014, 194 pp.

- DE CANALES, Francisca, DE ALVARADO, Eva y PINEDA, Elia. Metodología de la investigación: manual para el desarrollo de personal de salud. México: Limusa, 1986. 327 pp.  
ISBN: 9681822730
- DE GUZMÁN, Diego Sánchez. Tecnología del concreto y del mortero. Pontificia Universidad Javeriana, 2001.
- FERNÁNDEZ, Julián y PUJAL, Marcos. Iniciación a la Física, Volumen 1 [en línea]. Barcelona, España: Reverté, 1981 [fecha de consulta: 20 de mayo de 2018].  
Disponible en:  
[https://books.google.com.pe/books?id=YITSNSPUvxwC&dq=que+es+la+temperatura&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_sfdvsdvsdvsdv](https://books.google.com.pe/books?id=YITSNSPUvxwC&dq=que+es+la+temperatura&hl=es&source=gbs_navlinks_sfdvsdvsdvsdv)  
ISBN: 8429141987
- FLORES Mondaca, Yocelyn. Estudio del comportamiento de estructuras durante un incendio usando como ejemplo el Edificio Emilio Pugín UACH Valdivia. Tesis (Título Ingeniero Civil En Obras Civiles). Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, 2012. 108 pp.
- FONTES, Homero. El Incendio: Su Investigación, Síntomas y Causas. La Habana: Si-Mar, 2003. 236 pp.  
ISBN: 9592640122
- GUTIÉRREZ, Libia. El Concreto y Otros Materiales para la Construcción. 2.<sup>a</sup> ed. Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, 2003. 231 pp.  
ISBN: 9589322824
- GONZÁLES Agustín, FLORÍA, Pedro y GONZÁLES, Diego. Manual para la prevención de riesgos laborales en las oficinas. Madrid: Fundación Confemetal, 2003. 213 pp.  
ISBN: 8495428822
- HUINCHO Salvatierra, Mark. Evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo. Tesis (Título Profesional de Ingeniería). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2017. 116 pp.

- INACAL, Norma Técnica Peruana (NTP 334.009) Cementos. Cemento Portland. Requisitos, Lima, 2016. 25pp.
- Las Malvinas: Más de 4,300 incendios reales tuvo Perú hasta mayo, ¿cómo prevenir otros? [en línea]. Gestión.PE. 26 de junio de 2017 [fecha de consulta: 1 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/malvinas-4-300-incendios-reales-tuvo-peru-mayo-prevenir-otros-138302>
- MÉNDEZ, Carlos. Metodología, Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación con Énfasis en Ciencias Empresariales. 4.<sup>a</sup> ed. México: Limusa: Noriega, 2009. 360 pp. ISBN: 6070505913
- NAMAKFOROOSH, Mohammad. Metodología de la Investigación [en línea]. México: Limusa, S.A., 2000. 525 pp.  
Disponible en: [https://books.google.com.pe/books/about/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_investigaci%C3%B3n.html?id=ZEJ7-0hmvhwC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n.html?id=ZEJ7-0hmvhwC&redir_esc=y)  
ISBN: 9681855175
- Propiedades de Resistencia del Concreto Frente al Fuego [Publicación en un blog]. Bogotá, Colombia: Claros (19 de octubre de 2012). [Fecha de consulta: 19 de junio de 2018]. Recuperado de: <http://blog.360gradosenconcreto.com/propiedades-de-resistencia-del-concreto-frente-al-fuego/>
- ¿Qué es el Módulo de Elasticidad en el concreto? [Publicación en un blog]. Ocaña, Colombia: Osorio (19 de setiembre de 2011). [Fecha de consulta: 17 de junio de 2018]. Recuperado de: <http://blog.360gradosenconcreto.com/que-es-el-modulo-de-elasticidad-en-el-concreto/>
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2017). 10.<sup>a</sup> ed. Lima: Megabyte, 2016. 800 pp. ISBN: 9786123043346
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2017). Grupo Editorial Megabyte, 2017. pág. 383. Décima Primera Edición.
- REVISTA Educación [en línea]. 2009 [fecha de consulta: 16 de mayo de 2018].

Disponible en: <http://aprendizajesignificativo03.blogspot.com/2015/05/investigacion-aplicada.html>

ISSN: 0379-7082

- SAILER Lantadilla, Mario Ignacio. Descripción y análisis de incendios importantes para proponer criterios de diseño. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile, 2007. 194 pp.
- SÁNCHEZ, Diego. Tecnología del Concreto y del Mortero. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2001. 349 pp.  
ISBN: 9589247040
- TAMAYO, Mario y TAMAYO. El proceso de la investigación científica. 4.<sup>a</sup> ed. México: Limusa, 2004. 150 pp.  
ISBN: 9681858727
- VALERA, José. Apuntes de Física General. [en línea]. México: UNAM, 2005. 381 pp.  
Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=1ShJLuv8IHIC&dq=valera+2005+propiedades+mecanicas>  
ISBN: 9703229875
- YOUNG, Hugh y FREEDMAN Roger. Física Universitaria, Volumen II. 13.<sup>a</sup> ed. Pearson, 2012. 1516 pp.  
ISBN: 9786073221900
- ZEPEDA, Luis; SÁNCHEZ, Juan. PRFV (GFRP) Frente al Fuego [en línea]. México: LinkedIn, 2018 [fecha de consulta: 5 de mayo de 2018].  
Disponible en: <https://es.linkedin.com/pulse/prfv-gfrp-frente-al-fuego-juan-as%C3%A1nchez-hdez->

## **VIII. ANEXOS**

Tabla ANEXO Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Las altas temperaturas disminuirán la respuesta física – mecánica de concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>?</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>Las altas temperaturas reducen la respuesta física – mecánica del concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>.</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Determinar en qué medida las altas temperaturas disminuyen la respuesta física – mecánica del concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>TEMPERATURA</p>	<p>“[...] Podríamos definir la temperatura como cierto grado térmico que permite determinar de manera cuantitativa el que un cuerpo esté más caliente que otro” (Fernández y Pujal, 1981, p.284).</p>	<p>La temperatura es una medida utilizada para determinar el calor o frío de un ambiente o material. Para saber la reacción de cada material sometido a diferentes temperaturas es necesario someterlo a un tipo de calor. Medida por un termómetro simple o complejo dependiendo del grado de temperatura que se logre llegar.</p>	TEMPERATURA	Grados Centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ )	Razón
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Las altas temperaturas disminuyen la resistencia a la compresión del concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>?</li> <li>• ¿Las altas temperaturas disminuyen la resistencia a la tracción del concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>?</li> <li>• ¿Las altas temperaturas disminuyen el módulo de rotura del concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>?</li> </ul>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las altas temperaturas reducen la resistencia a la compresión del concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>.</li> <li>• Las altas temperaturas reducen la resistencia a la tracción del concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>.</li> <li>• Las altas temperaturas reducen el módulo de rotura del concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>.</li> </ul>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar en qué medida las altas temperaturas disminuyen la resistencia a la compresión del concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>.</li> <li>• Determinar en qué medida las altas temperaturas disminuyen la resistencia a la tracción del concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>.</li> <li>• Determinar en qué medida las altas temperaturas disminuyen el módulo de rotura del concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>.</li> </ul>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>RESPUESTA FÍSICA - MECÁNICA</p>	<p>Según Valera (2005) “Podemos considerar que las propiedades de un material son de dos tipos: físicas y químicas, y específicamente dentro de las físicas las propiedades mecánicas. [...] Las propiedades mecánicas determinan la respuesta del material al aplicársele una fuerza o al estar sujeto a un esfuerzo, las más comunes son la resistencia, la ductilidad y la rigidez del material, aunque también es importante es importante conocer el comportamiento del material cuando se expone a [...] temperaturas elevadas (termoinfluencia)” (p.77).</p>	<p>Las propiedades físicas y mecánicas nos ayudan a identificar las relaciones de cualquier material de estudio y las características de todo lo que tenga masa o volumen. Tenemos las propiedades mecánicas del concreto endurecido tales como el <math>f'c</math> (resistencia a la compresión), <math>T_s</math> (resistencia a la tracción) y <math>M_r</math> (módulo de rotura o resistencia a la flexión).</p>	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS	<p>Resistencia a la Compresión (<math>f'c</math>)</p> <p>Resistencia a la Tracción (<math>T_s</math>)</p> <p>Módulo de Rotura (<math>M_r</math>)</p>	Razón

## **ANEXO 1: ENSAYOS DE LABORATORIO**

## ANEXO 1.1: DISEÑO DE MEZCLA

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil</b> LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"	<small>Center of Excellence for Accredited by</small> <b>ABET</b> <small>Accreditation Board for Engineering and Technology</small> <b>ABET</b>   <small>Engineering Technology Accreditation Commission</small>
		Pág. 1 de 5
<b>INFORME</b>		
<b>Del</b>	:	Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
<b>A</b>	:	CALDERÓN OCUPA XIOMARA
<b>Obra</b>	:	TESIS: INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO
<b>Ubicación</b>	:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
<b>Asunto</b>	:	Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
<b>Expediente N°</b>	:	18-3552
<b>Recibo N°</b>	:	62461
<b>Fecha de emisión</b>	:	09/10/2018

---

**1.0 DE LOS MATERIALES**

**1.1 Cemento:**

Se utilizó cemento SOL Tipo I, proporcionado por el solicitante.

**1.2 Agregado Fino:**

Consistente en una Muestra de ARENA procedente de la cantera TRAPICHE.

Las características se indican en el ANEXO 1.

**1.3 Agregado Grueso:**

Consistente en una Muestra de PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera UNICON.

Las características se indican en el ANEXO 2.

**1.4 Combinación de Agregados:**

La granulometría del Agregado Global obtenido por la combinación del agregado fino y grueso, se muestra en el ANEXO 3.

**1.5 Agua:**

Se uso agua potable procedente de la red UNI.

  
**Ms. Ing. Ana Torre Carrillo**  
Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.

---

 <b>UNI-LEM</b> <small>La Calidad es nuestro compromiso</small> <small>Laboratorio Certificado ISO 9001</small>	 Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25 apartado 1301 - Perú  (511) 381-3343  (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046	 <a href="http://www.lem.uni.edu.pe">www.lem.uni.edu.pe</a>  <a href="mailto:lem@uni.edu.pe">lem@uni.edu.pe</a>  Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI	
--	--	--	---



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Center for Engineering Accreditation and



Association Board for Engineering and Technology



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Expediente N° : 18-3552

Pág. 2 de 5

**2.0 DISEÑO DE MEZCLAS FINAL ( f'c = 210 Kg/cm² ) CEMENTO SOL Tipo I**

**2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Denominación	_____	f'c = 210 Kg/cm²
Asentamiento	_____	3" - 4"
Relación a/c de diseño	_____	0.61
Relación a/c de obra	_____	0.58
Proporciones de diseño	_____	1 : 2.53 : 2.56
Proporciones de obra	_____	1 : 2.59 : 2.57

**2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m³ DE CONCRETO**

Cemento	_____	355 Kg
Arena	_____	897 Kg
Piedra	_____	808 Kg
Agua	_____	216 L

**2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR m³ DE CONCRETO EN OBRA**

Cemento	_____	355 Kg
Arena	_____	920 Kg
Piedra	_____	913 Kg
Agua	_____	206 L

**2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA**

Cemento	_____	42.50 Kg
Arena	_____	110.17 Kg
Piedra	_____	109.29 Kg
Agua	_____	24.64 L

**2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN**

		CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Proporciones	_____	1	2.46	2.72
Agua	_____	24.64	L/boisa	

**3.0 OBSERVACIONES:**

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.



Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo  
 de Materiales - UNI





**ANEXO 1**

EXPEDIENTE N° : 18-3552

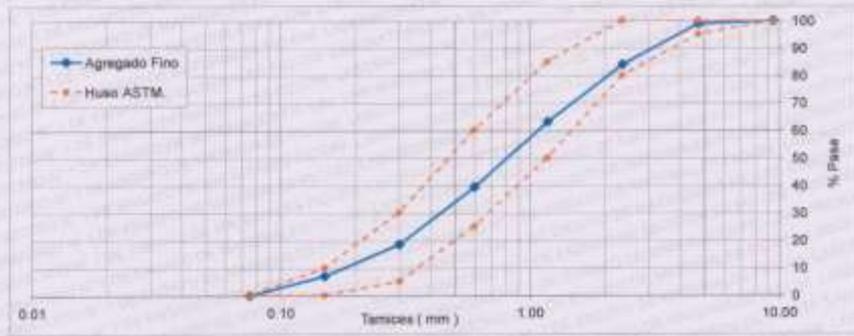
**1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO :**

Consiste en una Muestra de Arena procedente de la cantera TRAPICHE.

**A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA HUSO ASTM
(Pulg)	(mm)				
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	100
N°4	4.75	1.1	1.1	99.0	95 - 100
N°8	2.36	14.8	15.9	84.1	80 - 100
N°16	1.18	20.9	36.8	63.2	50 - 85
N°30	0.60	23.7	60.5	39.5	25 - 60
N°50	0.30	20.9	81.4	18.6	5 - 30
N°100	0.15	11.5	92.9	7.1	0 - 10
FONDO		7.1	100.0	0.0	

**B) CURVA DE GRANULOMETRÍA**



**C) PROPIEDADES FÍSICAS**

Módulo de Fineza	2.88
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1566
Peso Unitario Compactado (kg/m³)	1693
Peso Especifico (g/cm³)	2.54
Contenido de Humedad (%)	2.50
Porcentaje de Absorción (%)	0.85

**2. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

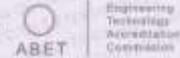
www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



Pág. 4 de 5

**ANEXO 2**

EXPEDIENTE N° : 18-3552

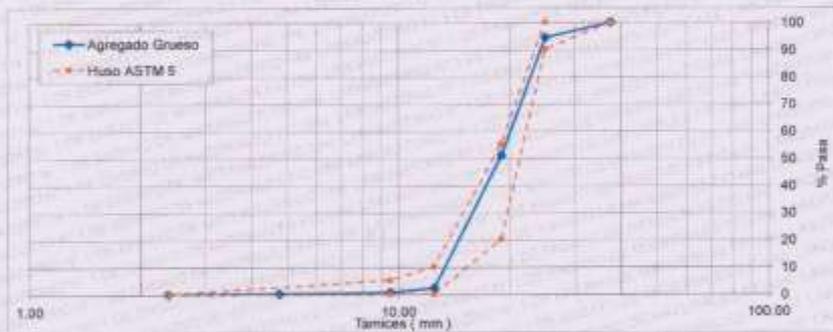
**1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO :**

Consiste en una Muestra de Piedra procedente de la carrera UNICON.

**A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA HUSO ASTM E
(Pulg)	(mm)				
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	5.5	5.5	94.5	90 - 100
3/4"	19.00	43.4	48.9	51.1	20 - 55
1/2"	12.50	48.7	97.6	2.4	0 - 10
3/8"	9.50	1.7	99.3	0.7	0 - 5
N°4	4.75	0.4	99.7	0.3	-
FONDO		0.3	100.0	0.0	

**B) CURVA DE GRANULOMETRÍA**



**C) PROPIEDADES FÍSICAS**

Módulo de Fineza	7.47
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1408
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1573
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.55
Contenido de Humedad (%)	0.47
Porcentaje de Absorción (%)	0.93

**2. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 461-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**ANEXO 3**

EXPEDIENTE N° : 18-3552

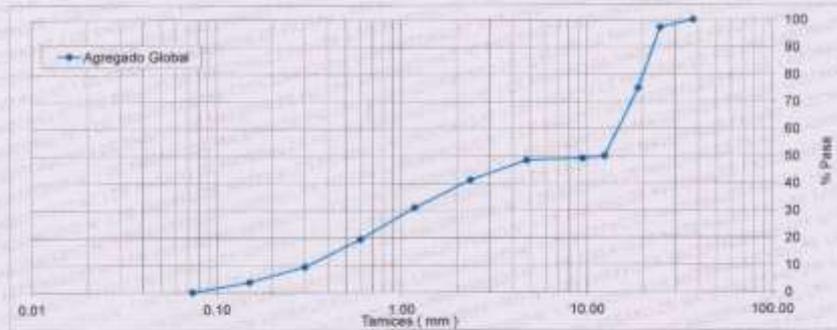
**1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL :**

Consiste en una combinación de Arena procedente de la cantera TRAPICHE y Piedra procedente de la cantera UNICON.

**A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
(Pulg)	(mm)			
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	2.8	2.8	97.2
3/4"	19.00	22.2	25.1	74.9
1/2"	12.50	25.0	50.0	50.0
3/8"	9.50	0.9	50.9	49.1
N°4	4.75	0.7	51.6	48.4
N°8	2.36	7.2	58.8	41.2
N°16	1.18	10.2	69.0	31.0
N°30	0.60	11.6	80.6	19.4
N°50	0.30	10.2	90.8	9.2
N°100	0.15	5.6	96.4	3.6
FONDO		3.6	100.0	0.0

**B) CURVA DE GRANULOMETRÍA**



**C) PROPIEDADES FÍSICAS**

Tamaño Nominal Máximo	1"
Módulo de Fineza	5.23
% Agregado Grueso	51.23
% Agregado Fino	48.77

**2. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación de las muestras proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el contenido de este informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



## ANEXO 1.2: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZALES DE LA COTERA"**

Centro de Ingeniería Civil Acreditado por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Página 1 de 3.

### INFORME

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : XIOMARA KATHERIN CALDERON OCUPA  
**Obra** : INFLUENCIA DE LA TEMPARATURA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO  
**Ubicación** : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
**Asunto** : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
**Expediente N°** : 18-3794  
**Recibo N°** : 62721  
**Fecha de emisión** : 26/11/2018

---

**1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 15 probetas cilíndricas de concreto.

**2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL.  
Certificado de Calibración CMC-104-2018

**3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034.2015.  
Procedimiento interno AT-PR-12.

**4. RESULTADOS** :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)	TIPO DE FRACTURA
1	MTAMB-1C	26/10/2018	23/11/2018	177.5	47,055	265	Tipo 3
2	MTAMB-2C	26/10/2018	23/11/2018	180.3	49,275	273	Tipo 4
3	MTAMB-3C	26/10/2018	23/11/2018	178.5	52,416	294	Tipo 3
4	MT250-1C	26/10/2018	23/11/2018	180.3	41,522	230	Tipo 3
5	MT250-2C	26/10/2018	23/11/2018	180.3	42,092	233	Tipo 2
6	MT250-3C	26/10/2018	23/11/2018	178.5	44,598	250	Tipo 5
7	MT350-1C	26/10/2018	23/11/2018	179.7	35,799	199	Tipo 5
8	MT350-2C	26/10/2018	23/11/2018	179.1	39,633	221	Tipo 3
9	MT350-3C	26/10/2018	23/11/2018	179.1	38,870	217	Tipo 2
10	MT450-1C	26/10/2018	23/11/2018	180.3	20,290	113	Tipo 2



  
Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



Expediente N° : 18-3794

Página 2 de 3

Nr	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
11	MT450-2C	26/10/2018	23/11/2018	179.1	25,152	140	Tipo 3
12	MT450-3C	26/10/2018	23/11/2018	177.9	22,039	124	Tipo 2
13	MT550-1C	26/10/2018	23/11/2018	177.9	21,284	120	Tipo 2
14	MT550-2C	26/10/2018	23/11/2018	179.1	20,900	117	Tipo 3
15	MT550-3C	26/10/2018	23/11/2018	178.5	15,206	85	Tipo 2

**5. OBSERVACIONES:**

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
Técnico : Sr. G. P. L.

  
Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



 Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

 [www.lem.uni.edu.pe](http://www.lem.uni.edu.pe)  
 [lem@uni.edu.pe](mailto:lem@uni.edu.pe)  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



## ANEXO 1.3: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Centro de Ingeniería Civil Acreditado por



Engineering Technology Accreditation Commission

---

Página 3 de 3

### INFORME

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : XIOMARA KATHERIN CALDERON OCUPA  
**Obra** : INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO  
**Ubicación** : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
**Asunto** : Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral  
**Expediente N°** : 18-3794  
**Recibo N°** : 62721  
**Fecha de emisión** : 26/11/2018

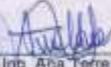
---

**1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 15 probetas cilíndricas de concreto.  
**2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL  
Certificado de Calibración CMC-104-2018  
**3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.084.2017.  
**4. RESULTADOS** :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	MTAMB-1T	26/11/2018	23/11/2018	15.2	30.1	10454.3	14.5
2	MTAMB-2T	26/11/2018	23/11/2018	15.1	30.1	12185.3	17.1
3	MTAMB-3T	26/11/2018	23/11/2018	15.1	30	13796.7	19.4
4	MT250-1T	26/11/2018	23/11/2018	15.1	30.2	10112.4	14.1
5	MT250-2T	26/11/2018	23/11/2018	15.1	30.15	9713.3	13.6
6	MT250-3T	26/11/2018	23/11/2018	15.1	30.2	9082.4	12.7
7	MT350-1T	26/11/2018	23/11/2018	15.0	30.3	8980.4	12.8
8	MT350-2T	26/11/2018	23/11/2018	15.2	30.25	8720.4	12.1
9	MT350-3T	26/11/2018	23/11/2018	15.2	30	8046.6	11.2
10	MT450-1T	26/11/2018	23/11/2018	15.2	30.2	6048.1	8.4
11	MT450-2T	26/11/2018	23/11/2018	15.2	30.1	6081.0	8.5
12	MT450-3T	26/11/2018	23/11/2018	15.0	30.2	6888.6	9.4
13	MT550-1T	26/11/2018	23/11/2018	15.1	30.25	6298.7	7.3
14	MT550-2T	26/11/2018	23/11/2018	15.2	30.15	5484.0	7.6
15	MT550-3T	26/11/2018	23/11/2018	15.1	30.1	5582.3	7.6

**5. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
Técnico : Sr. G. P. L.

  
Ms. Ing. Aña Torre Carrillo  
Jefe del laboratorio

**NOTAS:**  
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

---



**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



## ANEXO 1.4: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
 LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Center for Engineering Civil Accredited by



Accreditation Board for Engineering and Technology



### INFORME

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : XIOMARA KATHERIN CALDERON OCUPA  
**Obra** : INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO  
**Ubicación** : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
**Asunto** : Ensayo de Resistencia a la Flexión con carga en el tramo central  
**Expediente N°** : 18-3794  
**Recibo N°** : 62721  
**Fecha de emisión** : 03/12/2018

---

**1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 10 muestra de vigas de concreto.  
**2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial ZWICK ROELL  
 Certificado de Calibración LFP-399-2018  
**3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.079:2017.  
**4. RESULTADOS** :

MUESTRAS	EDAD DE LA MUESTRA (días)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
VTAMB-1	29	45	53.2	15.5	15.2	824.6	1930	36.4
VTAMB-2	29	45	53.3	15.5	15.4	826.2	1720	31.5
VT250-1	29	45	53.3	15.2	15.1	810.2	509	9.9
VT250-2	29	45	53.0	15.1	15.2	800.3	578	11.2
VT350-1	29	45	53.2	15.2	15.4	808.6	353	6.6
VT350-2	29	45	53.0	15.4	15.4	816.2	316	5.8
VT450-1	29	45	53.3	15.1	15.2	804.6	204	3.9
VT450-2	29	45	53.0	15.1	15.2	800.3	309	6.0
VT550-1	29	45	53.2	15.1	15.2	803.3	157	3.0
VT550-2	29	45	53.2	15.5	15.5	824.6	192	3.5

**5. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. A. A. G.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe del laboratorio

**NOTAS**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



## **ANEXO 2: PANEL FOTOGRÁFICO**

*Figuras 2.1* Muestras después de los Ensayos



*Figuras 2.2* Ensayos Realizados



Ensayo a Compresión



Ensayo a Tracción



Ensayo a Flexión