

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**EFFECTOS DEL FUEGO POR INCENDIO EN EL COMPORTAMIENTO DEL
CONCRETO ARMADO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE
EDIFICIOS - HUANCAYO**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD:

TRANSPORTE Y URBANISMO

PRESENTADO POR:

Bach. CONDOR ROJAS JUAN JOSE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2021

ING. GODIÑO POMA, Francisco Cyl
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen María por iluminarme siempre
en mi camino, a mis Padres Fortunato y Elsa Alicia.

“Una Sola Palabra Puede Cambiar Tu Destino”

Bach. Condor Rojas Juan José

AGRADECIMIENTO

- A mis padres por tan bello consejo que nunca olvidare “El Que Estudia Triunfa”. A mi Padre Fortunato que me enseñó “La Perseverancia Es El Secreto Del Éxito”, y a mi Madre Elsa Alicia “Tu Eres El Arquitecto De Tu Propio Destino”.
- A Carmen Isabel, quien me demostró a seguir adelante “Buscare Mi Camino Y Si No La Encuentro Yo Mismo Me Lo Abriré”.
- A mis Hermanos, David, Blanca, Paulina Y Miguel por su cariño “No Se Puede Vencer A La Persona Que Nunca Se Rinde” y también agradecer a mis sobrinos (as), familiares, amigos.
- A mi asesor Ing. Godiño Poma Francisco Cyl y maestros por sus consejos y conocimientos, “Solo Triunfan Aquellos Que Luchan”.

Bach. Condor Rojas Juan José

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DE JURADOS

DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA

PRESIDENTE

Msc. JORGE SANTIAGO LOPEZ YARANGO

JURADO

MG. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL

JURADO

ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA

JURADO

MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES

SECRETARIO DOCENTE

INDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION	18
1.1 Planteamiento del Problema.....	18
1.2 Formulación y Sistematización del Problema.....	19
1.2.1 Problema General.....	19
1.2.2 Problemas Específicos.....	19
1.3 Justificación.....	20
1.3.1 Practica o Social.....	20
1.3.2 Científica o Teórica.....	20
1.3.3 Metodológica.....	20
1.4 Delimitaciones.....	20
1.4.1 Espacial.....	20
1.4.2 Temporal.....	20
1.4.3 Económica.....	21
1.5 Limitaciones.....	21
1.6 Objetivos.....	21
1.6.1 Objetivo General.....	21
1.6.2 Objetivo Específico.....	21
CAPITULO II: MARCO TEORICO	22
2.1 Antecedentes.....	22
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	22
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	24
2.2 Marco Conceptual.....	27

2.2.1	El Fuego.....	27
2.2.1.1	Comportamiento y Fases del Fuego.....	27
2.2.1.1.1	Fase Incipiente o Inicial.....	28
2.2.1.1.2	Fase de Combustión Libre.....	28
2.2.1.1.3	Fase Latente.....	28
2.2.1.2	Fenómenos Físicos y Químicos del Fuego.....	29
2.2.1.2.1	Backdraft.....	29
2.2.1.2.2	Flashover.....	30
2.2.1.3	Diferencia Entre el Backdraft y el Flashover.....	31
2.2.1.4	¿Cómo Leer el Fuego?.....	34
2.2.1.5	Indicadores del Fuego.....	34
2.2.1.6	Incendio.....	37
2.2.1.6.1	Nivel de Temperatura que Alcanza un Incendio.....	37
2.2.2	Concreto Armado.....	39
2.2.2.1	Comportamiento del Concreto Frente al Fuego.....	40
2.2.2.2	Seguridad del Concreto Frente al Fuego.....	48
2.2.2.3	Estado del Concreto Después del Incendio.....	48
2.2.2.4	Variación de las Propiedades del Hormigón a Alta Temperatura.....	49
2.2.2.4.1	Propiedades Térmicas del Hormigón a Alta Temperatura.	50
2.2.2.4.2	Propiedades Mecánicas del Hormigón en Altas Temperaturas.....	54
2.2.2.5	Fenómeno de Spalling.....	56
2.3	Definición de Términos.....	60
2.4	Hipótesis.....	61
2.4.1	Hipótesis General.....	61
2.4.2	Hipótesis Especifico.....	61
2.5	Variables.....	62
2.5.1	Definición Conceptual de la Variable.....	62
2.5.2	Definición Operacional de la Variable.....	62
2.5.3	Operalización de la Variable.....	63
	CAPITULO III: METODOLOGIA.....	64
3.1	Método de Investigación.....	64

3.2	Tipo de Investigación.....	64
3.3	Nivel de Investigación.....	65
3.4	Diseño de Investigación.....	65
3.5	Población y Muestra.....	66
3.6	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	66
3.6.1	Técnicas.....	66
3.6.2	Instrumentos de Recolección de Datos.....	66
3.7	Procesamiento de la Información.....	67
3.8	Técnicas y Análisis de Datos.....	67
	CAPITULO IV: RESULTADOS.....	68
4.1	Resultados de la Fase Incipiente o Inicial del Fuego.....	68
4.2	Resultados de la Fase de Combustión Libre del Fuego.....	74
4.3	Resultado de la Fase Latente del Fuego.....	81
4.4	Resultado del Fuego por Incendio en el Concreto Armado.....	86
4.5	Resumen de Resistencia.....	103
4.6	Prueba de Hipótesis General.....	107
4.6.1	Prueba de Hipótesis Alternativa “A”.....	109
4.6.2	Prueba de Hipótesis Alternativa “B”.....	111
4.6.3	Prueba de Hipótesis Alternativa “C”.....	113
	CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	115
	CONCLUSIONES.....	117
	RECOMENDACIONES.....	119
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
	ANEXOS.....	122
	Anexo A: Matriz de Consistencia.....	123
	Anexo B: Ensayos de Laboratorio.....	125
	Anexo C: Panel Fotográfico.....	142
	Anexo D: Instrumentos de Precisión.....	152
	Anexo E: Compañía de Bomberos B – 30 Huancayo.....	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comportamiento de los materiales.....	41
Tabla 2 Temperaturas – tiempos.....	42
Tabla 3 Pérdidas de resistencia – temperatura.....	43
Tabla 4 Disminución del módulo de elasticidad – temperatura.....	44
Tabla 5 Comportamiento del concreto sometido a distintas temperaturas.....	47
Tabla 6 Operalización de Variable.....	63
Tabla 7 Datos de la probeta patrón sin refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a compresión.....	70
Tabla 8 Datos de la probeta patrón sin refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a tracción por compresión diametral.....	70
Tabla 9 Datos de la probeta patrón con refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a compresión.....	71
Tabla 10 Datos de la probeta patrón con refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a tracción por compresión diametral.....	71
Tabla 11 Resistencia de la probeta sin refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a compresión.....	72
Tabla 12 Resistencia de la probeta sin refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a tracción por compresión diametral.....	72
Tabla 13 Resistencia de la probeta con refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a compresión.....	73
Tabla 14 Resistencia de la probeta con refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a tracción por compresión diametral.....	73
Tabla 15 Datos de la probeta patrón sin refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a compresión.....	75
Tabla 16 Datos de la probeta patrón sin refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a tracción por compresión diametral.....	75
Tabla 17 Datos de la probeta patrón con refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a compresión.....	76

Tabla 18 Datos de la probeta patrón con refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a tracción por compresión diametral.....	77
Tabla 19 Resistencia de la probeta sin refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a compresión.....	77
Tabla 20 Resistencia de la probeta sin refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a tracción por compresión diametral.....	78
Tabla 21 Resistencia de la probeta con refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a compresión.....	79
Tabla 22 Resistencia de la probeta con refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a tracción por compresión diametral.....	80
Tabla 23 Datos de la probeta patrón sin refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a compresión.....	82
Tabla 24 Datos de la probeta patrón sin refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a tracción por compresión diametral.....	82
Tabla 25 Datos de la probeta patrón con refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a compresión.....	83
Tabla 26 Datos de la probeta patrón con refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a tracción por compresión diametral.....	83
Tabla 27 Resistencia de la probeta sin refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a compresión.....	84
Tabla 28 Resistencia de la probeta sin refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a tracción por compresión diametral.....	84
Tabla 29 Resistencia de la probeta con refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a compresión.....	85
Tabla 30 Resistencia de la probeta con refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a tracción por compresión diametral.....	85
Tabla 31 Datos de la probeta patrón sin refuerzo en días no expuesto al fuego con un $f'c=210$ kg/cm ² a compresión.....	87
Tabla 32 Datos de la probeta patrón sin refuerzo en días no expuesto al fuego con un $f'c=210$ kg/cm ² a tracción por compresión diametral.....	88
Tabla 33 Datos de la probeta patrón con refuerzo en días no expuesto al fuego con un $f'c=210$ kg/cm ² a compresión.....	89

Tabla 34 Datos de la probeta patrón con refuerzo en días no expuesto al fuego con un $f'c=210$ kg/cm ² a tracción por compresión diametral.....	90
Tabla 35 Resistencia de la probeta sin refuerzo en días no expuesto al fuego con un $f'c=210$ kg/cm ² a compresión.....	91
Tabla 36 Resistencia de la probeta sin refuerzo en días no expuesto al fuego con un $f'c=210$ kg/cm ² a tracción por compresión diametral.....	92
Tabla 37 Resistencia de la probeta con refuerzo en días no expuesto al fuego con un $f'c=210$ kg/cm ² a compresión.....	93
Tabla 38 Resistencia de la probeta con refuerzo en días no expuesto al fuego con un $f'c=210$ kg/cm ² a tracción por compresión diametral.....	94
Tabla 39 Resumen de resistencia de la probeta patrón sin refuerzo en días no expuesto al fuego con un $f'c=210$ kg/cm ²	95
Tabla 40 Resumen de resistencia de la probeta patrón con refuerzo en días no expuesto al fuego con un $f'c=210$ kg/cm ²	96
Tabla 41 Resumen de la resistencia a compresión sin refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm ²	97
Tabla 42 Estadísticas del resumen de la resistencia a compresión sin refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm ²	97
Tabla 43 Resumen de la resistencia a compresión con refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm ²	98
Tabla 44 Estadísticas del resumen de resistencia a compresión con refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm ²	99
Tabla 45 Resumen de resistencia a la tracción (diametral) sin refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm ²	100
Tabla 46 Estadísticas del resumen de resistencia a la tracción (diametral) sin refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm ²	100
Tabla 47 Resumen de resistencia a la tracción (diametral) con refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm ²	101
Tabla 48 Estadísticas del resumen de resistencia a la tracción (diametral) con refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm ²	102
Tabla 49 Resumen de la fase incipiente a los 500 °C.....	103

Tabla 50 Resumen de la fase de combustión libre a los 700 °C.....	103
Tabla 51 Resumen de la fase de combustión libre a los 800 °C.....	104
Tabla 52 Resumen de la fase latente a los 600 °C.....	104

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tetraedro del fuego.....	36
Figura 2 Tipo de incendios.....	38
Figura 3 Variación de la conductividad térmica de un hormigón convencional en función de la temperatura.....	51
Figura 4 Variación del calor específico de un hormigón convencional en función de la temperatura.....	53
Figura 5 Variación de masa de un hormigón convencional en función de la temperatura para distintos tipos de agregados.....	54
Figura 6 Proceso del efecto spalling o desconchamiento del hormigón por presión en los poros.....	58
Figura 7 Efectos de diferentes temperaturas en el concreto	59
Figura 8 Resistencia de la probeta patrón sin refuerzo no expuesta al fuego.....	95
Figura 9 Resistencia de la probeta patrón con reforzado no expuesta al fuego.....	96
Figura 10 Resistencia a compresión sin refuerzo expuesta al fuego.....	98
Figura 11 Resistencia a compresión con refuerzo expuesta al fuego.....	99
Figura 12 Resistencia a la tracción por compresión diametral sin refuerzo expuesto al fuego.....	101
Figura 13 Resistencia a la tracción por compresión diametral con refuerzo expuesto al fuego.....	102

ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 1 Resistencia a compresión en sus tres fases.....	105
Grafico 2 Resistencia a compresión total significativo.....	105
Grafico 3 Resistencia a tracción por compresión diametral en sus tres fases.....	106
Grafico 4 resistencia a tracción por compresión diametral total significativo.....	106
Grafico 5 Campana de Gauss Hipótesis general.....	108
Grafico 6 Campana de Gauss Hipótesis de la fase incipiente.....	110
Grafico 7 Campana de Gauss Hipótesis de la fase de combustión.....	112
Grafico 8 Campana de Gauss Hipótesis de la fase latente.....	114

RESUMEN

La presente tesis titulada “Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios – Huancayo”, tiene como problema de investigación ¿Cuáles son los efectos del fuego por incendio en el comportamiento el concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020?, el objetivo es: Evaluar los efectos del fuego por incendio en el comportamiento el concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020. La hipótesis es que los efectos del fuego por incendio son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020.

La siguiente investigación tiene un método científico, de tipo aplicada, con nivel de investigación explicativo y un diseño experimental. Así misma población estuvo conformada por 78 probetas de concreto de 4” x 8”, con un $f'c = 210$ kg/cm², 30 de los cuales serán para el grupo control, es decir no serán intervenidos con fuego y los 48 restantes serán divididos en las 3 diferentes fases del fuego. La muestra será igual que la población por la cantidad de elementos (muestra censal).

Los resultados hallados en el laboratorio nos determinaron la resistencia del concreto en las tres fases del fuego: Fase Incipiente o Inicial, Fase Combustión Libre y Fase Latente, de cómo reduce la resistencia del concreto a medida que se incrementa la temperatura.

Se concluyó que el concreto armado disminuye su resistencia debido al tiempo y la temperatura de estar sometido al fuego.

La recomendación es que, se controle la devastación del fuego.

Palabras Claves: Fuego, incendio, concreto armado, elementos estructurales, edificios.

ABSTRACT

This thesis entitled "Effects of fire on the behaviour of reinforced concrete on structural elements of buildings – Huancayo", it has as its research problem What are the effects of fire on the behaviour of the reinforced concrete of the structural elements of buildings in the city of Huancayo - 2020? the objective is: to evaluate the effects of fire on the behaviour of the reinforced concrete of the structural elements of buildings of the city of Huancayo – 2020. The hypothesis is that the effects of fire are significant on the behaviour of reinforced concrete of the structural elements of buildings in the city of Huancayo – 2020.

The following research has a scientific method, of applied type, with an explanatory level of research and an experimental design. Also population consisted of 78 concrete specimens of 4" x 8", with an $f'c$ of 210 kg/cm², 30 of which will be for the control group, i.e. they will not be intervened with fire and the remaining 48 will be divided into the 3 different phases of fire. The sample will be the same as the population by the number of elements (censal sample).

The results found in the laboratory determined the resistance of the concrete in the three phases of fire: Incipient or Initial Phase, Free Combustion Phase and Latent Phase, of how the concrete resistance reduces as the temperature increases.

It was concluded that the reinforced concrete decreases its resistance due to the time and temperature of being subjected to fire.

The recommendation is that the devastation of fire be controlled.

Keywords: Fire, reinforced concrete, structural elements, buildings.

INTRODUCCION

La Presente investigación se basa en evaluar los efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo, se realizó porque existe la necesidad de mostrar los efectos que pueden tener las altas temperaturas generadas por siniestros como los incendios, en los elementos estructurales de edificios que fueron construidos con un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Huancayo.

Para el adecuado desarrollo de esta investigación, hemos estructurado en 05 capítulos, que se describen a continuación:

Capítulo I: denominado “El problema de la investigación”, corresponde al planteamiento del problema, formulación del problema, justificación, delimitaciones, limitaciones y finalmente los objetivos que se quiere alcanzar con la investigación.

Capítulo II: denominado “Marco teórico”, comprende los antecedentes, marco conceptual, definición de términos, hipótesis y variables.

Capítulo III: denominado “Metodología de la investigación”, corresponde a identificar el método de investigación, tipo, nivel y diseño de investigación, así como también a determinar población, muestra, técnicas e instrumentos de recopilación de datos, técnicas y análisis de datos.

Capítulo IV: denominado “Resultados”, corresponde al desarrollo de los resultados donde se detallan los gráficos y tablas de los resultados obtenidos del proceso de investigación, este capítulo siendo parte fundamental para determinar y constatar muestras hipótesis planteadas.

Capítulo V: denominado “Discusión de resultados”, corresponde al desarrollo de las discusiones de los resultados obtenidos, y con apoyo de resultados y puntos de vista de otros investigadores.

Finalmente, se expone las conclusiones, recomendaciones, referencias, bibliografías y anexos.

Bach. Condor Rojas Juan José

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del Problema

A nivel mundial la “The Center of Fire Statistics”, tienen las estadísticas de incendios más recientes, En nuestro país el “Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú” auxilian a los diferentes casos de emergencias, en el año 2020 de enero a diciembre se registraron un total de incendios de 12,428 a nivel nacional y disminuyendo en un 12,86 % de incendios, en el 2019 los incendios registrados fueron de 14,263. Un siniestro como el incendio presenta siempre un peligro para la sociedad y no somos responsables para evitarlo hasta que llega la devastación del fuego. Es de suma importancia el estudio del incendio con la finalidad de disminuir pérdidas de vidas, daños a las edificaciones y bienes materiales existentes en su interior, estos siniestros pueden causar perjuicios desde un sencillo manchado en las losas y muros, originado por el humo, hasta el colapso de la edificación, asimismo proporcionar medidas adecuadas de solución: medidas prevención y medidas de protección.

En nuestro país las medidas de protección activas son las más utilizadas como: “sistemas de gestión de seguridad contra incendios, detectores de humo, etc.”, que ya son por si sola una especialidad, así como las medidas de protección pasivas de edificaciones contra incendios: “protección sólida, recubrimiento con albañilería, morteros, filmes o mantas, pinturas intumescentes, relleno de miembros huecos, estructuras externas y pantallas” para retrasar o impedir la propagación del fuego o su extinción.

Examinar los materiales afectados por dicho siniestro y cómo afecta a las edificaciones estructurales, es importante prevenir los posibles efectos destructivos del fuego, para no demoler la edificación y así tratar de recuperar la edificación de los daños provocados ante una evaluación.

Es importante mencionar que el estudio de este siniestro ha abarcado en el conocimiento científico, por ende en nuestro medio es importante abordar esta problemática diagnosticando las edificaciones susceptibles a incendios como son los edificios multifamiliares en la ciudad de Huancayo, hacer el respectivo análisis de las consecuencias que podría generar un incendio en sus distintas fases, y también se podría sugerir las medidas a tomar por parte de los habitantes de estos edificios frente a estas situaciones de emergencia, tomando en cuenta que el traslado de las unidades de bomberos hacia los diferentes lugares de la zona urbana de la ciudad de Huancayo es en promedio de 10 a 15 minutos, considerando el tráfico y la congestión vehicular que existe en la ciudad.

1.2. Formulación y Sistematización del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuáles son los efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020?

1.2.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cuáles son los efectos de la fase incipiente del fuego en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020?
- b. ¿Cuáles son los efectos de la fase de combustión libre del fuego en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020?
- c. ¿Cuáles son los efectos de la fase latente del fuego en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020?

1.3. Justificación

1.3.1. *Práctica o Social*

En esta tesis, se pretende contribuir con la sociedad en general, ingenieros civiles y arquitectos; porque existe la necesidad de mostrar los efectos que pueden tener las altas temperaturas generadas por siniestros como los incendios en los elementos estructurales de edificios que fueron construidos en la ciudad de Huancayo.

1.3.2. *Científica o Teórica*

Esta tesis, se desarrolló con el propósito de aportar al conocimiento existente, de las propiedades físico mecánicas del concreto que van a variar debido a la exposición de temperaturas elevadas.

1.3.3. *Metodología*

La metodología aplicada en la presente investigación será útil para cualquier otro investigador que indague mediante el método científico, los cuales pretenden o buscan estudiar los efectos que causan los incendios en las estructuras de las edificaciones, ya que se obtuvo resultados confiables y válidos, de acuerdo a muestras hipótesis planteadas.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. *Espacial*

La presente investigación se desarrolló:

- Departamento de Junín
- Provincia de Huancayo

1.4.2. *Temporal*

La investigación se realizó entre los meses de febrero a junio del año 2020.

1.4.3. Económica

Los gastos para el desarrollo de la investigación corrieron al 100% a cargo del tesista.

1.5. Limitaciones

La limitación que se presentó para el desarrollo de la investigación, fue la obtención del instrumento de temperatura digital (-50° C – 1850°C), siendo que en la ciudad de Huancayo no contamos con tiendas que disponen de este aparato digital.

Otra limitación fue que no se cuenta con equipos de laboratorios para pruebas en elementos de concreto armado.

También se limita en el factor económico puesto que no se pudo fabricar un horno de mayor precisión para la obtención de mejores resultados.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Evaluar los efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020.

1.6.2. Objetivo Especifico

- a. Evaluar los efectos de la fase incipiente del fuego en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020.
- b. Evaluar los efectos de la fase de combustión libre del fuego en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020.
- c. Evaluar los efectos de la fase latente del fuego en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Alvarado (2016), en su tesis denominada: *“Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego”*, sustentada en la Universidad Técnica de Ambato; Ambato, Ecuador. Se planteó como objetivo: Analizar las reacciones del hormigón estructural expuesto a altas temperaturas. En la metodología es de diseño experimental, y nos muestra el nivel o tipo de investigación utilizados en este proyecto (exploratorio, descriptivo y de laboratorio). Las muestras elaboradas se clasificaron en dos grupos de control las intervenidas con fuego y las no intervenidas con fuego en espacios de tiempos de treinta minutos con temperaturas (750^aC-1050^aC), con un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$. El resultado obtenido se determinó que la resistencia a flexión se reduce en función al tiempo y la temperatura de ser sometido al fuego. Obteniendo las siguientes conclusiones:

- En sus pruebas determino que la resistencia a flexión de sus especímenes ensayados se reduce debido al tiempo y temperatura al estar expuesto a los treinta minutos.
- Estableció que el hormigón al alcanzar los 120 minutos a temperaturas elevadas como los 900^oC reduce en un 50 % su

resistencia por la quema de los agregados afectando en su estructura interna y externa.

- Concluyo que el hormigón protege como un buen aislante térmico de buenas características, defendiendo al acero cuando está sometido al fuego a temperaturas mayores, el comportamiento del hormigón presenta modificaciones y alteraciones en su estructura “interna y externa”.

Flores (2012), en su tesis denominada: *“Estudio del comportamiento de estructuras durante un incendio usando como ejemplo el Edificio Emilio Pugín UACH Valdivia”*, sustentada en la Universidad Austral de Chile; Valdivia, Chile. Su objetivo principal es plantear los problemas estructurales provocados por la combustión del fuego, y las patologías que esta causa a los materiales de construcción, utilizando bibliografía, pruebas de ultrasonido y programas de elementos finitos para un diagnóstico certero del problema. La metodología es el método prescriptivo. La muestra fue tomada el Edificio Emilio Pugín UACH Valdivia. Obteniendo como resultado reparación del edificio para su reutilización, siendo analizada por el laboratorio IDIEM. Concluyendo:

- Los materiales que resisten mejor las altas temperaturas es el hormigón y la albañilería, en cambio el acero a altas temperaturas tiene problemas sobre todo con la deformación, debido al descenso de su módulo de elasticidad.
- La madera puede soportar la devastación del fuego por su capacidad de carbonización, a mayor escuadría será mayor el tiempo que entregará para evacuar a las personas, y más aún si está revestida con alguna placa retardadora del fuego.
- Un incendio sube la temperatura, y baja cuando se extingue de manera brusca aumentan los daños de spalling y las grietas. Nos menciona también, así como se transfiere el calor al interior, también se transfiera el frío, por ende, si el acero de refuerzo en el

hormigón armado tiene más recubrimiento va a ser menos brusco la alteración de temperatura.

Alba (2015), en su tesis denominada: *“Influencia del tiempo de exposición a altas temperaturas sobre el comportamiento en fractura de H.A.C. de alta resistencia reforzados con fibras”*, sustentada en la Universidad de Sevilla; Sevilla, España, Se estableció como objetivo: la investigación de la dosificación y el comportamiento en fractura a mayor temperatura de un hormigón (hormigón caliente) de mayor resistencia autocompactante con y sin fibras de polipropileno. La metodología aplicada el método experimental. Aplicando como muestra a las 6h, 24h y 48 h de calentamiento a temperaturas de 100 °C, 300 °C, 500 °C y 700 °C, El resultado obtenido casual deben ser contrario con un superior número de especímenes que permitan obtener una media adecuada. Obteniendo así las siguientes conclusiones:

- A mayor tiempo de exposición, se produce una mayor ductilidad del material, ayudan a mejorar el comportamiento del concreto las fibras frente al “fenómeno de spalling” al derretirse y crear canales de evacuación para los gases que están obstruidos que genera el fenómeno mencionado.
- Cuando se incrementa la temperatura, también se incrementa la microfisuración debido a ello, ocasionando que la rigidez del material se reduzca. El incremento de la longitud de la fibra, produce un provechoso efecto, provocando una mejor unión de las microfisuras.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Meza (2019), en su tesis denominada: *“Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto armado expuesto al fuego en intervalos de tiempos, Lambayeque.2018”*, sustentada en la Universidad Señor de Sipan, Pimentel – Perú. Estableciéndose como objetivo: Evaluar y analizar al concreto sus propiedades mecánicas

sometidos al fuego en un tiempo determinado, para propuesta de mejoramiento. La presente investigación tuvo una metodología sustentada con un diseño experimental – preexperimentos, nos menciona también que será de tres tipos (básica o pura, cuantitativo y descriptivo). La muestra estará compuesta por 36 probetas cilíndricas de 6”x12” y 24 probetas de vigas de concreto 12cmx16cmx50cm con un diseño de resistencia de (210kg/cm², 245kg/cm² y 280kg/cm²), sometidos en intervalos de tiempos de 15,30 y 60 minutos de 550°C hasta los 850°C. Los resultados obtenidos mostraron un comportamiento ideal a la compresión en los testigos cilíndricos y un comportamiento menor a la flexión. Llegando a las siguientes conclusiones:

- La resistencia del concreto va estar en relación a/c siendo esto significativo en el comportamiento del concreto expuesto al fuego.
- Nos menciona también que el recubrimiento de las estructuras es de suma importancia ya que ayuda a proteger el concreto armado no dejando el acero al descubierto, también tener en cuenta la distribución correcta del acero ya que esto puede afectar en el comportamiento del hormigón frente a elevadas temperaturas.

Cobeñas y Janampa (2019), en su tesis denominada: *“Influencia del proceso de rehidratación en la resistencia del concreto reforzado con fibra de polipropileno por exposición al fuego directo”*, sustentada en la Universidad San Martín de Porres de la facultad Ingeniería y arquitectura; Lima - Perú. Se plantaron el siguiente objetivo: Evaluar y analizar el proceso de rehidratación del hormigón con fibra de polipropileno a temperaturas elevadas por medio de la resistencia mecánica. La metodología que emplearon fue el enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel Correlacional y diseño experimental. La muestra está compuesta por 100 especímenes de concreto con un diseño de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$, para el concreto sin refuerzo y concreto reforzado con fibra de polipropileno. Los resultados obtenidos muestran la disminución en las resistencias de los especímenes reforzados con

fibra de polipropileno disminuye en una menor proporción luego de haber estado bajo la exposición al fuego en comparación a un concreto convencional. Llegando a las siguientes conclusiones:

- Sostiene que la fibra en el hormigón hace que su resistencia a compresión y tracción tenga una resistencia frente a elevadas temperaturas.
- Nos menciona que los incendios las acciones de los bomberos para sofocar estos hechos son perjudiciales para el concreto que el cambio de temperatura bruscamente en este elemento perjudica a las resistencias.

Oncoy (2018), en su tesis denominada: *“Comportamiento de la resistencia del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ expuesto a cambios bruscos de temperatura, debido a la extinción de un incendio”*. Sustentada en la Universidad Cesar Vallejo; Chiclayo, Perú. Se planteó como objetivo: Analizar y evaluar qué efectos ocasionan la alteración brusca expuesta al fuego del hormigón con un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ”. La metodología de diseño que empleo fue experimental, La muestra estuvo conformada de 18 probetas, conformando 3 grupos, siendo el grupo uno “el grupo patrón”. El resultado obtenido que obtuvo en el concreto al estar expuesto a la ampliación de temperaturas superiores causado por el fuego en un caso de incendio, y al pretender apagar el incendio a los $550 \text{ }^\circ\text{C}$ con agua, su resistencia obtenida a los 28 días del concreto patrón disminuye ocasionando inseguridad de la estructura, llegando a las siguientes conclusiones:

- Nos menciona que los efectos que causa el cambio brusco de temperatura en el concreto son de carácter negativo, es decir que reduce su resistencia a la compresión de manera progresiva al estar expuestas a elevadas temperaturas, por ello una edificación que ha sufrido cambios bruscos de temperatura en un tiempo se vuelve insegura a partir de los $550 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. El Fuego

Esparza (2001), definió “El fuego o combustión es una rápida reacción química de oxidación de carácter exotérmico (y de luz), autoalimentada, con presencia de un combustible en fase sólida, líquida o gaseosa” (p.11).

2.2.1.1. Comportamiento y Fases del Fuego.

De acuerdo al CEMI (2012), menciona: “El efectivo control y extinción de un incendio requiere un conocimiento básico de la naturaleza química y física del fuego. Esto incluye características de los combustibles y las condiciones ambientales para mantener el proceso de combustión” (p.20).

Estos siniestros pueden manifestarse en cualquier hora del día o de la noche si la amenaza existe. Si este siniestro se manifiesta cuando las edificaciones están habitadas entonces existe la probabilidad de que se pueda controlar este siniestro en su primera fase incipiente, pero si la edificación esta deshabitado o cerrado, sin que nadie se dé cuenta este siniestro incrementará y se volverá un peligro (CEMI, 2012).

“Cuando el fuego se encuentra confinado en una edificación o habitación, la situación que se genera requiere de procedimientos de ventilación cuidadosos y previamente calculados, si se desea prevenir mayores daños y reducir los riesgos”. (CEMI, 2012, p.20)

Este siniestro puede comprenderse mejor mediante la evaluación de las tres fases del incendio, cualquier ciudadano puede enfrentarse a cualquier tipo de estas etapas, por eso su importancia de este estudio (CEMI, 2012).

2.2.1.1.1. Fase Incipiente o Inicial.

De acuerdo al CEMI (2012), Es la primera fase “El oxígeno contenido en el aire no ha sido reducido en forma significativa y el fuego produce vapor de agua, dióxido de carbono, monóxido de carbono, quizá una pequeña cantidad de dióxido de azufre, y otros gases” (p.20).

Se incrementa el calor a medida que aumenta la temperatura, el calor de fuego en esta fase alcanza una temperatura de 538 °C, el lugar donde se ha iniciado el siniestro incrementa muy poco la temperatura (CEMI, 2012).

2.2.1.1.2. Fase de Combustión Libre.

De acuerdo al CEMI (2012), Es la segunda fase que “Involucra las actividades de libre combustión del fuego. Durante esta fase, el aire, que es rico en oxígeno, es lanzado hacia las llamas, a medida que la convección lleva el calor a las regiones más altas de áreas confinadas” (p.20).

“Los gases calientes se expanden lateralmente, desde del techo hacia abajo, forzando al aire frío hacia los niveles inferiores, y facilitando así la ignición de materiales combustibles en los niveles superiores de la habitación” (CEMI, 2012, p.21).

En esta fase de combustión libre, la temperatura puede superar los 700 °C, a medida que este siniestro avanza, el oxígeno faltara para reaccionar con el combustible, este siniestro entonces es reducido a la tercera fase latente por la falta de oxígeno para prenderse (CEMI, 2012).

2.2.1.1.3. Fase Latente.

De acuerdo al CEMI (2012), Es la tercera fase “Las llamas pueden dejar de existir si el área confinada es cerrada suficientemente. A partir de este momento la combustión es reducida a brasas incandescentes” (p.21).

La edificación se llenará de gases combustibles y de humo denso completamente de tal manera que se originara una presión, que comenzaran a salir por los pequeños agujeros de la estructura. Este siniestro del incendio sigue latente y la edificación se terminará de ocupar de gases de la combustión y humo denso superiores a los 538 °C (CEMI, 2012).

“El calor intenso tenderá a vaporizar las fracciones ligeras de combustibles tales como hidrógeno y metano, de los materiales combustibles que se encuentra en el área. Estos gases combustibles que se encuentran en el área serán añadidos a aquellos producidos por el fuego y posteriormente incrementarán el peligro para los bomberos y creará la posibilidad de una explosión por flujo reverso”. (CEMI, 2012, p.21)

2.2.1.2. Fenómenos Físicos y Químicos del Fuego.

De acuerdo al CEMI (2012), nos menciona “Para una mejor interpretación de los fenómenos físicos y químicos que suceden en incendios estructurales ampliaremos el estudio de estas tres fases para incorporar los fenómenos que se suceden” (p. 22).

2.2.1.2.1. Backdraft.

Según (Liarte, 2009), citado por (Cárdenas, 2015, p.25), menciona que “El Backdraft o explosión de humo es un proceso que se produce en un recinto donde se ha iniciado un incendio que ha provocado una acumulación de gases calientes de combustión y un empobrecimiento del oxígeno en su interior”.

CEMI (2012), menciona sobre el Backdraft:

“Los bomberos que responden a un incendio confinado, que se encuentra en la última etapa de fase de combustión libre o en cualquier parte de la fase latente, corren el riesgo de estar expuestos a una explosión por flujo reverso, si no se toman

en consideración las ciencias del fuego en la apertura de estructuras. En la fase latente del fuego, la combustión es incompleta debido a que no existe suficiente oxígeno para alimentar el fuego. Sin embargo, el calor generado en la fase de combustión libre se mantiene, y las partículas de carbón que no se han quemado, o cualquier otro producto de la combustión, están esperando para entrar en una rápida, casi instantánea combustión cuando se suministre más oxígeno”.
(p.22)

La siguiente indicación puede ser una condición de las características de la explosión por flujo reverso (CEMI, 2012, p.23):

- “Humo bajo presión”.
- “Humo negro, convirtiéndose de un color grisáceo amarillento y denso”.
- “Aislamiento del incendio y temperatura excesiva”.
- “Llama muy escasa y poco visible”.
- “El humo sale de la edificación a intervalos o en bocanadas”.
- “Ventanas manchadas por el humo”.
- “Sonido estruendoso”.
- “Un movimiento rápido del aire hacia el interior, cuando se hace una abertura”.

2.2.1.2.2. Flashover.

Según (Quintiere, 2006), citado por (Cárdenas, 2015, p.20), nos menciona “Fenómeno que suele ser evidente para el observador del crecimiento del fuego. El flashover puede definirse como la transición entre la fase de desarrollo del fuego, que es relativamente benigna y el fuego totalmente desarrollado, con gran presencia de llama”.

Según (Daeid, 2004), citado por (Cárdenas, 2015, p.20), señala “En el momento de producirse el flashover o combustión súbita, la ventilación del recinto se convierte en una restricción de la cantidad de oxígeno disponible para que la combustión se produzca y el fuego se desarrolle”.

En la etapa del flashover se dan dos eventos a causa de este:

- **Flameover**

El CEMI (2012), menciona “Es la combustión de los revestimientos de las paredes y techos de los recintos, ya sean cielos rasos, empapelados, machimbres, etc” (p.24).

- **Rollover**

El CEMI (2012), menciona “Es la combustión de gases desarrollado en techos que avanza sobre los bomberos produciendo efectos como los antes mencionados, el fuego avanza en forma de bocanadas sobre el techo” (p.24).

2.2.1.3. Diferencia Entre el Backdraft y el Flashover.

Para el CEMI (2012), hace mención:

“La diferencia sustancial que existe entre estos dos fenómenos es que uno se da por la combustión de humos (Backdraft) en la etapa latente, y el otro se da por la combustión de gases (Flashover) y súbita generalizada en la etapa de libre combustión”. (p.24)

- **Boil over**

De acuerdo al CEMI (2012):

“En todo incendio de almacenaje de petróleo y que haya volado el techo, producto de la explosión inicial, durante el desarrollo del siniestro, las capas compuestas por fracciones de líquidos livianos se van destilando a través de la combustión del producto; esto es visible por las grandes llamas rojas y naranjas con desprendimiento de inmensas

columnas de humo negro. El resto del componente del petróleo, que son las fracciones pesadas, conforma una “Onda convectiva de calor” que mediante este proceso comienza en sentido inverso a descender realizando lo que se conoce como “intercambio de capas frías por capas calientes”. Estas capas calientes forman la onda de calor”. (pp. 24-25).

“Las fracciones pesadas y calientes poseen temperaturas aproximadas de 200 a 300° C. Se calcula que realizan el descenso a un metro por hora aproximadamente. Por otro lado, la zona de combustión sobre la superficie del líquido, zona de llama, va quemando y descendiendo a unos 30 cm. por hora aproximadamente. Esta onda de calor convectiva al tomar contacto con el agua decantada en el fondo del tanque produce una súbita transformación a vapor súper calentado expandiéndose 1:1700 / 2000 veces dependiendo de la temperatura del líquido, dando lugar al rebosamiento de todo el contenido. Pensemos que el agua en estado líquido se expande 1700 veces a 100°C y un aspecto fundamental que marca el comienzo del rebosamiento aparte del tremendo ruido como a frituras producto del contacto del agua con las capas calientes; es el súbito incremento de la temperatura y la radiación térmica en torno a toda la zona. El combustible es lanzado fuera del tanque en una explosión violenta formando una columna ascendente que en algunos casos supera los 30 metros de altura expandiéndose hacia los costados hasta tomar contacto con la tierra y proseguir propagándose y trasladándose en todas las direcciones destruyendo todo lo que encuentra a su paso, en algunos casos la temperatura supera los 1200 °C”. (CEMI, 2012, p.25).

- **Bleve**

De acuerdo al CEMI (2012), nos menciona que:

“El Bleve (Explosión de Vapores en Expansión de Líquidos en Ebullición) es un caso especial de estallido catastrófico de un recipiente a presión en el que ocurre un escape súbito a la atmósfera de una gran masa de líquido o gas licuado a presión sobrecalentados. Para que se produzca una explosión Bleve no es necesaria la existencia de reacciones químicas ni fenómenos de combustión”. (p.25)

Para que se produzca este fenómeno del Bleve es necesariamente tener en cuenta tres parámetros:

CEMI (2012), menciona que debe “Tratarse de un gas licuado o un líquido sobrecalentado y a presión” (p.26).

CEMI (2012), menciona que se “Produzca una súbita baja de presión en el interior del recipiente, esta condición puede ser originada por impactos, rotura o fisura del recipiente, actuación de un disco de ruptura o válvula de alivio con diseño inadecuado” (p.26).

CEMI (2012), menciona que:

“Se den condiciones de presión y temperatura a los efectos que se pueda producir el fenómeno de nucleación espontánea. Con esta condición se origina una evaporación de toda la masa del líquido en forma de flash rapidísima, generada por la rotura del equilibrio del líquido como consecuencia de sobrecalentamiento del líquido o gas licuado”. (p.26)

“Normalmente las Blevés se originan por un incendio externo que incide sobre la superficie de un recipiente a presión, generalmente por encima del nivel del líquido, de esta manera debilita su resistencia, y acabando en una rotura repentina del mismo, generando un escape súbito del contenido, que cambia masivamente al estado de vapor, el cual si es inflamable da lugar a la conocida bola de fuego. Esta última se genera por la deflagración (combustión rápida) de la masa de vapor liberada”. (CEMI, 2012, p.26)

2.2.1.4. ¿Cómo Leer el Fuego?

Todos los siniestros como el incendio muestran señales que nos sirven para identificar la fase del fuego y las variaciones que pueden suscitarse, un buen análisis e interpretación del fuego es fundamental para poder decidir una buena estrategia para extinguirla. El CEMI (2012), menciona:

Además: “Disminuye los riesgos al momento de trabajar, disminuye los tiempos de trabajo y disminuye el gasto físico del personal” (p.26).

2.2.1.5. Indicadores del Fuego.

- **Combustión**

CEMI (2012), nos menciona la “Reacción química entre el oxígeno y un material oxidable, acompañada de desprendimiento de energía y que habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama” (p.27).

- **Llama**

CEMI (2012), hace mención a la “Masa gaseosa en combustión, que se eleva de los cuerpos que arden y despiden luz de varios colores” (p.27).

- **Humo**

CEMI (2012), nos hace mención la “Mezcla visible de gases producida por la combustión de una sustancia, generalmente compuesta de carbono, y que arrastra partículas en suspensión” (p.27).

- **Temperatura**

Valenzuela (2010), nos menciona “Es una propiedad física del estado del cuerpo, o sea, el grado o nivel térmico de los cuerpos. Para medirla se emplea termómetro” (p.7).

- **Calor**

Según (INN, 1997), citado por (Cárdenas, 2015, p.15) “Como la energía térmica que se propaga por radiación, conducción y convección, o por una combinación cualquiera de estas”

- **Color de Llama**

Los colores de la llama nos indican:

- “Amarillo: indica la presencia de un combustible clase A, por ejemplo, ropa, madera, papel, en una situación de inicio de combustión” (CEMI, 2012, p.27).
- “Naranja: indica la presencia de combustibles clase A en estado final de combustión” (CEMI, 2012, p.27).
- “Rojo: indica la presencia de líquidos inflamables y subproductos de los hidrocarburos, por ejemplo, nafta” (CEMI, 2012, p.27).
- “Blanco: indica la presencia de metales, por ejemplo, magnesio” (CEMI, 2012, p.27).
- “Verde: indica la presencia de cobres y nitratos” (CEMI, 2012, p.27).
- “Azul: indica la presencia de alcohol y gas natural” (CEMI, 2012, p.27).

- **Color del Humo**

Los colores del humo nos indican:

- “Gris-blanco: indica la presencia de combustibles clase a en fase inicial del fuego” (CEMI, 2012, p.28).
- “Gris-oscuro: indica la presencia de combustibles de clase a en la última fase del fuego” (CEMI, 2012, p.28).
- “Negro: indica la presencia de hidrocarburos” (CEMI, 2012, p.28).
- “Amarillo-gris: indica la presencia de una combustión lenta acompañada por manchas de humo sobre las ventanas y casi sin movimiento de humo” (CEMI, 2012, p.28).

Se deben considerar tres importantes factores más como: La brillantez muestra las altas temperaturas existentes, la velocidad lenta de la llama indica que el oxígeno es insuficiente y la velocidad rápida de la llama va a señalar un combustible usado con intención.



Figura 1 Tetraedro del fuego.

Fuente: Norma ASTM E119

2.2.1.6. Incendio.

El incendio tiene su origen en la reacción química que puede darse de cualquier objeto que este expuesto al fuego, esto mediante parámetros tales como: combustible, calor y oxígeno. Cada uno de estos parámetros tiene un punto de inicio en la cual se produce el acto a raíz que el incendio vaya aumentando, puede originarse nuevas rutas en la cual haga que este aumente y a su vez consuma por lo que encuentre (Cobeñas y Janampa, 2019, p.26).

2.2.1.6.1. Nivel de Temperatura que Alcanza un Incendio.

Huincho (2017), hace mención:

“Para apreciar la temperatura máxima de un incendio es necesario considerar no solo los materiales que la componen la estructura sino también los de recubrimiento, acabado, el amueblamiento y elementos depositados. Cabe señalar que una estructura con materiales incombustibles no está ajena al peligro de un incendio”.

“En general se puede establecer que la temperatura máxima alcanzada con combustibles sólidos nunca es superior a los 800 °C o 1000°C. Con la madera se puede llegar hasta los 1200°C, con combustibles líquidos se puede llegar hasta los 1500°C” (Huincho, 2017).

Existen niveles de temperatura que puede ser definido por clases, las cuales explican la clasificación del fuego debido al material la cual es combustible, según sus características. Estas clases de incendio están dadas por la NTP 350.021:2012 clasificación de los fuegos y su representación gráfica (Cobeñas y Janampa, 2019, p.32).

TIPO/ CLASES	IMAGEN	FIGURA - COLOR	DESCRIPCION
A			Todos los materiales sólidos comunes, tales como madera, papel, desperdicios, fibras naturales y otros, que tienen como principal característica dejar brasas.
B			Todos los materiales inflamables, líquidos, sólidos y gaseosos, tales como gasolina, pinturas, lacas, alcoholes, aceites, grasas, ceras y otros, cuya característica especial es no dejar brasas.
C			Son los materiales, equipos o elementos eléctricos que presentan la característica de estar con tensión o energizados, tales como motores eléctricos, generadores, transformadores, máquinas de escribir eléctricas, cables y líneas y otros.
D			Son algunos metales como el magnesio, aluminio, titanio, litio, potasio, calcio y otros, que al entrar en combustión, generan oxígeno propio para su abastecimiento.
K			Son aquellos materiales relacionados con los aceites y las grasas, mantecas vegetales y animales.

Figura 2 Tipo de incendios.

Fuente: Norma ASTM E119

Como se indica, aparte de las clases de incendio, también existen 3 fases de incendio que son progresivas, cada una de ellas menor que la otra, y aumenta según el tiempo, y el tipo de material que genera el aumento de fuego. Las siguientes fases son (Cobeñas y Janampa, 2019):

➤ **Fase Incipiente:**

- El contenido de oxígeno en el aire que debería tener en esta fase es de 20%.
- Producción de H₂O, CO₂ y cantidades mínimas de CO, SO₂, CO₂.
- Levemente sobrepasa los 100° F (54°C).

➤ **Fase de Libre Combustión:**

- En esta fase se tiene que reducir la fuente de oxígeno.
- En las áreas que son superiores el calor tiende a acumularse.
- Llega aproximadamente 1300° F (700°C).

➤ **Fase Latente:**

- El oxígeno está por debajo del 15%.
- Es donde se genera altas temperaturas.
- El CO y el carbón puede originar una explosión por flujo reversivo.

2.2.2. Concreto Armado

Malca (2018) nos menciona “Se denomina así porque es la utilización del hormigón y está unida o reforzada por varias varillas de acero la cuales le dan mayor consistencia y resistencia al concreto, también esta reforzada con mallas de acero, llamadas armaduras” (p.23).

Es el concreto donde el acero de refuerzo se incrusta de tal manera que estos dos materiales trabajaran unidos a resistencias de compresión y tracción.

Pasquel (1993) citado por Aguinaga (2019, p.6). Nos menciona: “La tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo”.

“Para obtener un buen concreto no solo basta contar con materiales de buena calidad mezclados en proporciones correctas, es necesario también tener en cuenta factores como el proceso de mezclado, transporte, colocación o vaciado y curado” (Chávez, 2003, p.2).

2.2.2.1. Comportamiento del Concreto Frente al Fuego.

Burón y Vega (2007), menciona:

“La resistencia última al fuego de una estructura depende de la resistencia al fuego del material constituyente, sin considerar las protecciones, que podrían estar en un mal estado de conservación, ni los medios de extinción, que podrían fallar. Desde este punto de vista la continuidad del hormigón es absoluta y asegura, permanentemente, un buen comportamiento de la estructura frente al fuego. El fuego daña, en general, a todos los materiales habitualmente empleados en la construcción. Aquellos que son combustibles se suman a la carga de fuego que configura el contenido del edificio y se consumen a lo largo del incendio. Los que no son combustibles se ven sometidos a un proceso de disminución de su capacidad resistente y de su rigidez, así como a deformaciones impuestas por la elevada temperatura que provoca el fuego”. (p.1)

“La resistencia al fuego es una prestación que ofrecen los materiales no combustibles que, además, son capaces de soportar elevadas temperaturas manteniendo un grado de resistencia tal que permite que las estructuras con ellos construidas no colapsen” (Burón y Vega, 2007, p.1).

En la siguiente tabla Burón y Vega establecen los materiales más comunes para construir una edificación, que están caracterizados por su comportamiento ante un siniestro como el incendio como: La madera, el acero y el hormigón.

Tabla 1 *Comportamiento de los materiales.*

	Madera	Acero	Hormigón
Resistencia al fuego sin protección	Muy baja	Baja	Alta
Combustibilidad	Alta	Ninguna	Ninguna
Contribución a la carga de fuego	Alta	Ninguna	Ninguna
Conductividad del calor	Baja	Muy alta	Muy baja
Incorpora protección frente al fuego	Muy baja	Baja	Alta
Posibilidad de reparación después del fuego	Ninguna	Baja	Alta
Protección para los usuarios durante la evacuación y los bomberos	Baja	Baja	Alta

Fuente: Burón y Vega, (2007).

“Para el comportamiento mecánico de las estructuras frente al fuego, en términos de estabilidad estructural, tiene una importancia primordial la fila que se refiere a Conductividad del calor” (Burón y Vega, 2007, p.2).

La tabla 2 se puede apreciar que el acero sin protección alcanza más rápidamente las altas temperaturas ante el incendio, mientras que, al estar recubierto de concreto, la temperatura disminuye considerablemente, lo que nos indica que es importante proteger el acero del contacto de las altas temperaturas.

Tabla 2 *Temperaturas – tiempos.*

Tiempo t (minutos)	Temperatura alcanzada (° C)			
	En el incendio	En el acero estructural sin protección	En la armadura con un recubrimiento r (mm)	
			r = 30	r = 45
30	815	815	205	140
60	925	925	370	270
90	990	990	490	350
120	1030	1030	570	425
150	1070	1070	620	490
180	1100	1100	660	510

Fuente: Burón y Vega, (2007).

Segun (Vega et al, 2007), citado por (Cárdenas, 2015, p.51):

“La pérdida de la resistencia del hormigón y del acero son muy diferentes ante la presencia del fuego, esto se debe a la diferencia de conductividad del calor, muy alta para el acero y muy baja para el hormigón, la cual determina comportamientos absolutamente diferentes de ambos materiales”.

La Tabla 3 nos muestra la reducción de la resistencia a tracción de la armadura de acero de un concreto armado, y la reducción de resistencia a compresión del propio concreto con áridos silíceos, en función a las altas temperatura alcanzadas en el material.

Tabla 3 Pérdidas de resistencia – temperatura.

Temperatura (° C) T (° C)	Pérdida de resistencia (%)	
	Acero armadura	Hormigón
20	0	0
400	15	15
500	30	30
600	60	40
700	85	60

Fuente: Buron y Vega, (2007).

“De la tabla se observa que la pérdida de resistencia tanto del acero como del hormigón al alcanzar temperaturas de 500°C se ve disminuida en un 30% en comparación a la resistencia que presentan a los 20°C. Si la temperatura llega a los 700°C el acero pierde el 85% de su resistencia, mientras que el hormigón pierde el 60% de su resistencia” (Cárdenas, 2015, p.51).

Tabla 4 también el módulo de elasticidad se ve cambiado durante un siniestro como el incendio en el concreto armado, a continuación, se muestra la reducción del módulo de elasticidad para la armadura del acero y el concreto con árido silicio en función a la temperatura, alcanzada por dicho material.

Tabla 4 *Disminución del módulo de elasticidad – temperatura.*

Temperatura (° C)	Disminución del módulo de elasticidad (%)	
	Acero armadura	Hormigón
20	0	0
400	30	75
500	40	83
600	70	90
700	87	90

Fuente: Burón y Vega, (2007).

Segun (Vega et al., 2007), citado por (Cárdenas, 2015, p.52):
“La fuerte disminución de los módulos de elasticidad hace que la estructura bajo la acción del fuego sea mucho menos rígida, por lo que su deformabilidad aumenta y puede aceptar las elevadas deformaciones impuestas por el incremento de temperatura sin que aparezcan esfuerzos de importancia”.

“Finalmente, cabe mencionar que el hormigón estructural es el material de construcción más indicado para realizar estructuras que de modo eficaz y competitivo aporten seguridad frente al fuego. En definitiva, el hormigón ofrece protección y seguridad frente al fuego para las personas, las propiedades y el medio ambiente, algunas de las razones son: El hormigón no es combustible, por lo cual no se suma a la carga combustible del edificio, ni contribuye a que el incendio se extienda; posee una alta resistencia al fuego, sin necesidad de protección alguna, actuando el mismo como protección pasiva; no produce humo ni gases tóxicos, no se degrada por efecto del agua utilizada durante la extinción del incendio, y es fácilmente reparable después del incendio” (Vega et al, 2007), citado por (Cárdenas, 2015, p.52).

Alba (2015), hace mención sobre el comportamiento del hormigón a altas temperaturas:

“El hormigón sometido a los elevados gradientes térmicos, desarrollados típicamente en un incendio, muestra dos ventajas destacadas sobre otros materiales: es incombustible (a diferencia de la madera), y es un buen aislante al tener baja difusividad térmica (a diferencia del acero). Por lo tanto, dicho material proporciona unos niveles excepcionales de protección y seguridad en caso de incendio. No obstante, es necesario tener en cuenta algunos problemas relacionados con la alta temperatura en el hormigón: el deterioro de sus propiedades mecánicas, a causa de transformaciones físico - químicas que tienen lugar en el material durante el calentamiento y pueden suponer significativas pérdidas de resistencia además del fenómeno de Spalling (rotura superficial o desconchamiento), que implica la pérdida de material, reducción de las dimensiones de la sección y exposición de las armaduras a temperaturas excesivas” (p.45).

De acuerdo a Cobeñas y Janampa (2019), nos hacen mención en el comportamiento del concreto:

“Los estudios hechos referentes a las propiedades del concreto que han sido investigadas para demostrar la resistencia frente al fuego directo tienen como finalidad proteger vidas; sin embargo, la exposición a altas temperaturas hace que el concreto sufra transformaciones físicas y químicas. Los incendios, por ejemplo, hacen que tengamos una estadística de cómo varía las características propias del concreto, es así que a nivel estructural se procura tener al concreto como elemento relevante y de vital importancia” (p.27).

El concreto en las estructuras presenta características que hacen que estas tengan una seguridad y protección en caso de un siniestro de alta magnitud; entre ellas tenemos (Cobeñas y Janampa, 2019, P.27):

- El concreto es poco probable que arda y por ende, hace que no aumente la carga del fuego.
- El concreto frente al contacto directo con el fuego no produce gases tóxicos.
- En las estructuras el concreto evita que se propague el fuego a otras direcciones es por ello que según los estudios realizados tiene una mayor resistencia.

Para determinar cómo actúa el concreto frente al fuego existe 2 componentes en la cuales podemos tomar como aportes claves, y son: el concreto no arde y el concreto evita una propagación del fuego. Podemos concluir que el concreto actúa de manera favorable frente a un incendio, esto debido a su composición de minerales, y como también evita que el fuego se propague actúa de manera eficaz para la protección. Para tener en cuenta la protección de las estructuras frente a un incendio, se tiene definido un estudio mediante las siguientes normas: Norma Europea ISO 834, norma ASTM E119. El concreto a temperaturas menores de 300° no sufre ningún daño, después de esa temperatura es donde empieza a sufrir daño alguno en la resistencia donde difícilmente puede recuperarse después del incendio, pero a pesar de sufrir un daño casi irreversible, por lo que se sabe de su bajo coeficiente de calor hace que se tarde en alcanzar niveles de peligrosidad (Cobeñas y Janampa, 2019, pp.28-29).

Tabla 5 Comportamiento del concreto sometido a distintas temperaturas.

Temperatura °C	Comportamiento del concreto
200° - 300°	Pérdida del agua capilar, no aparecen modificaciones estructurales ni disminuye la resistencia
300° - 400°	Pérdida del agua del cemento. Aparecen fisuras superficiales y el concreto tiende a una coloración rosácea debido a los cambios que sufren los compuestos de hierro.
400° - 500°	Desprendimiento de cal viva a partir del hidróxido cálcico de hidratación de silicatos. Cuando se enfría el concreto sus propiedades mecánicas pueden disminuir en función del método de extinción del incendio y de las tensiones estructurales a las que esté sometido. Color rojizo.
600° - 950°	Los áridos se expanden y debido a sus diferentes coeficientes de dilatación, aparece la disgregación. El concreto adquiere tonalidad de grisáceas, pierde agua intersticial y se vuelve poroso. En estas situaciones se produce una pérdida de resistencia que puede oscilar entre el 60% y el 90%, siendo necesaria su total sustitución para garantizar la estabilidad estructural del edificio.
950° -1200°	Pérdida del agua capilar, no aparecen modificaciones estructurales ni disminuye la resistencia.

Fuente: Norma ISO 834.

En la exposición al fuego el concreto tiene tonalidades que pueden variar según los siniestros en la cual se presenten, en cualquier tipo de incendio el concreto queda cubierto de humo, la cual después de este siniestro tiene que limpiarse para saber cómo ha quedado la tonalidad del concreto y cuanto ha variado en comparación a su estado inicial (Cobeñas y Janampa, 2019, p.29).

2.2.2.2. Seguridad del Concreto Frente al Fuego.

Cuando se trata de seguridad del hormigón frente al fuego, cada material tiene una función en la cual pueda distinguirse y que actúe de manera que pueda protegerse la estructura. En caso de algún siniestro la estructura debería tener una resistencia en la cual tenga un tiempo que permita que personas que se encuentren dentro del edificio, pueda evacuar de manera rápida sin correr algún tipo de riesgo como un derrumbe, y además debe de haber una resistencia por parte del hormigón que permita combatir el fuego. Todo este tipo de seguridad que se solicita debe de haber en todo tipo de edificación, ya sea una casa pequeña hasta un edificio que cuente con varias plantas en la cuales están proyectadas a satisfacer todo tipo de demanda que se requiera, pero a la vez que cumpla con los estándares de seguridad frente a un incendio (Cobeñas y Janampa, 2019, p.29).

2.2.2.3. Estado del Concreto Después del Incendio.

Después de finalizado el incendio se necesita hacer unos estudios en la cual verifiquen si el concreto es servible o no, estas verificaciones se hacen cuando los bomberos hayan dado la autorización para ingresar al edificio incendiado se realiza una inspección del estado del edificio esta inspección se hace de manera visual, después de la inspección visual se realizan unos ensayos normados para ver el estado en la que se encuentre el edificio y entre estos ensayos tenemos (Cobeñas y Janampa, 2019, p.30):

- Extracción y falla de núcleo de concreto (norma ASTM C42): se busca determinar la firmeza del material, se obtiene por la extracción de muestras.
- Resistencia del concreto con esclerómetro de 6 puntos (norma C 805): este ensayo es para determinar el rebote del concreto endurecido mediante un esclerómetro, se utiliza para determinar la uniformidad del concreto in situ.

Ya con estos ensayos realizados, aparte de la inspección visual se toma una decisión por parte de los especialistas que determinan si el edificio se pueda rehabilitar o demoler. La característica del concreto frente al fuego se deduce que tiene buenas características, pero se tiene que tener en cuenta que, a mayor aumento de temperatura, la tipología del concreto va presentando fisura o algún tipo de falla. Todo esto va perjudicando considerablemente el estado del edificio porque se ve afectado dependiendo el tiempo que esté expuesto al fuego. Para la determinación del comportamiento del fuego frente a un incendio se puede ver distintos factores como los tipos de materiales inflamables que se utilizaron las cuales conducen una acción térmica propia de cada agregado. Otro factor tan influyente como los demás durante un incendio es la velocidad de enfriamiento que existe y afecta la estructura, tal es el caso, de la forma de enfriamiento al usar el extintor hace que la resistencia de todas maneras sufra una reducción de resistencia (Cobeñas y Janampa, 2019, pp. 30-31).

2.2.2.4. Variación de las Propiedades del Hormigón a Alta Temperatura.

La resistencia al fuego es un concepto aplicable a los elementos estructurales y no propiamente al material, pero las propiedades del material afectan las características del elemento del cual forma parte. Son muchos los factores (intrínsecos) que influyen a la resistencia del hormigón durante el calentamiento (Alba, 2015, p.46):

- Las transformaciones físico – químicas en la pasta de cemento.
- Las transformaciones en el agregado.
- La incompatibilidad térmica entre el agregado y la pasta de cemento.

Estas variables, que conciernen propiamente al material, están influenciadas por factores de naturaleza ambiental y del entorno:

- Nivel de temperatura.
- Velocidad de calentamiento.
- Carga aplicada.
- Condiciones externas, que influyen la pérdida de humedad en la superficie.

Este deterioro puede ser reducido mediante la elección de una adecuada dosificación de concreto, aspecto muy importante para incrementar las prestaciones del material.

A continuación, se detalla la alteración de las propiedades intrínsecas del hormigón en altas temperaturas:

2.2.2.4.1. Propiedades Térmicas del Hormigón a Alta Temperatura.

De acuerdo a Alba (2015), nos menciona:

“Las propiedades térmicas dependientes de la temperatura en estructuras de hormigón son la conductividad térmica, el calor específico y la pérdida de masa. Estas propiedades están influenciadas significativamente por el tipo de agregado, la humedad específica, y la composición de la mezcla de hormigón” (p.47).

- **Conductividad Térmica**

Según (Miliarium, 2014), citado por (Cárdenas, 2015, p.30):

“Se define como la capacidad de un material para transferir calor. La conducción térmica es el fenómeno por el cual el calor se transporta de regiones de alta temperatura a regiones de baja temperatura dentro de un mismo material o entre diferentes cuerpos. Las unidades de conductividad térmica en el Sistema Internacional son $W/(m \cdot K)$, aunque también se expresa como $kcal/(h \cdot m \cdot ^\circ C)$, siendo la equivalencia: $1 W/(m \cdot K) = 0,86 kcal/(h \cdot m \cdot ^\circ C)$ ”.

“La conductividad térmica del hormigón a temperatura ambiente está en el intervalo de 1,4 y 3,6 $W / m ^\circ K$ y varía con la temperatura” (Alba, 2015, p.47).

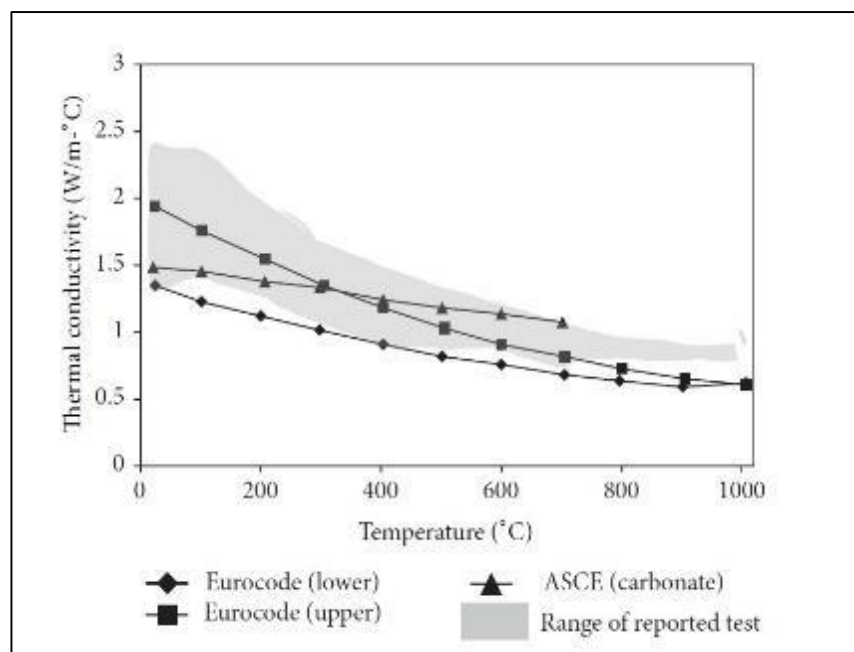


Figura 3 Variación de la conductividad térmica de un hormigón convencional en función de la temperatura. Fuente: Alba, (2015).

En la figura se puede observar la conductividad térmica disminuye gradualmente con las altas temperaturas y esta reducción depende de las propiedades del diseño de mezcla f'c, esta reducción del contenido de humedad está en relación con el incremento de las altas temperaturas. (Alba, 2015).

- **Calor Específico**

“El calor específico es la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de un elemento para elevar su temperatura en una unidad”. (Alba, 2015, p.49).

Para el concreto el calor específico es sensible para diversos cambios químicos y físicos en elevadas temperaturas.

Según (Miliarium, 2014), citado por (cárdenas, 2015, p.30):

“Cantidad de energía necesaria para aumentar en 1 °C la temperatura de 1 kg de material. Indica la mayor o menor dificultad que presenta una sustancia para experimentar cambios de temperatura bajo el suministro de calor. Los materiales que presenten un elevado calor específico serán buenos aislantes. Sus unidades del Sistema Internacional son J/(kg·K), aunque también se suele presentar como kcal/(kg·°C); siendo 1 cal = 4,184 J”.

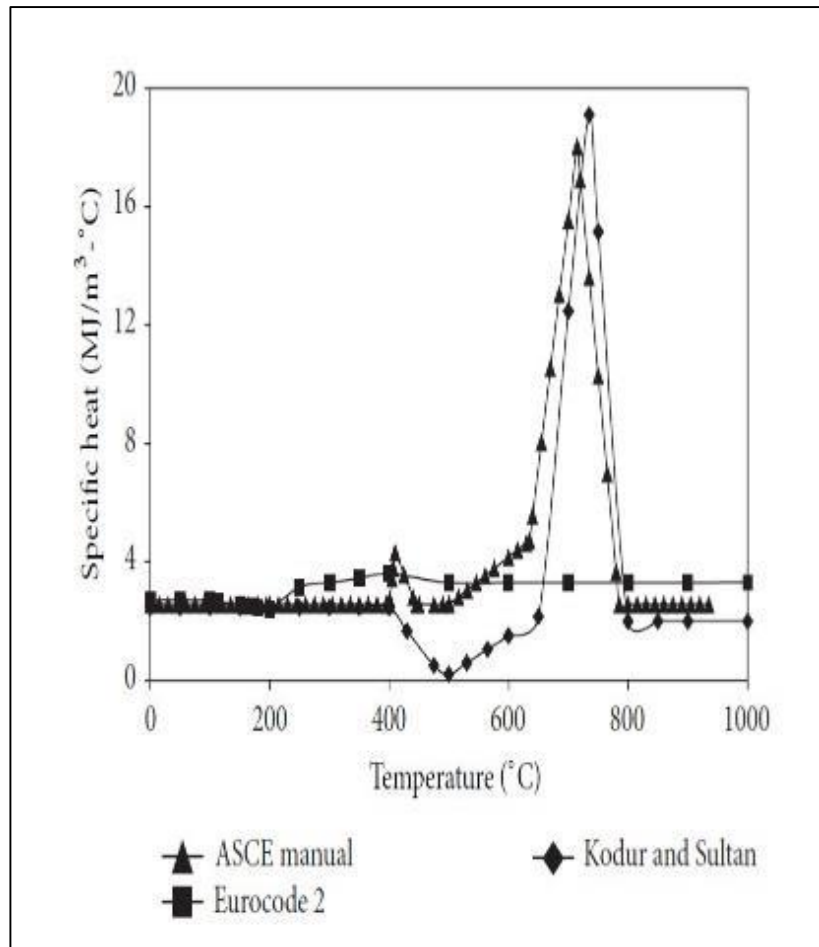


Figura 4 Variación del calor específico de un hormigón convencional en función de la temperatura.

Fuente: Alba, (2015).

En la figura se muestra que el calor específico en hormigones de alta resistencia es menor en toda la gama de temperaturas entre 20-800°C (Alba, 2015, p.47).

- **Pérdida de Masa**

De acuerdo Alba (2015), nos menciona: “Se produce una pérdida de masa con el aumento de la temperatura debido a la pérdida de humedad el tipo de agregado al hormigón ejerce una gran influencia en la pérdida de masa a alta temperatura” (p.50).

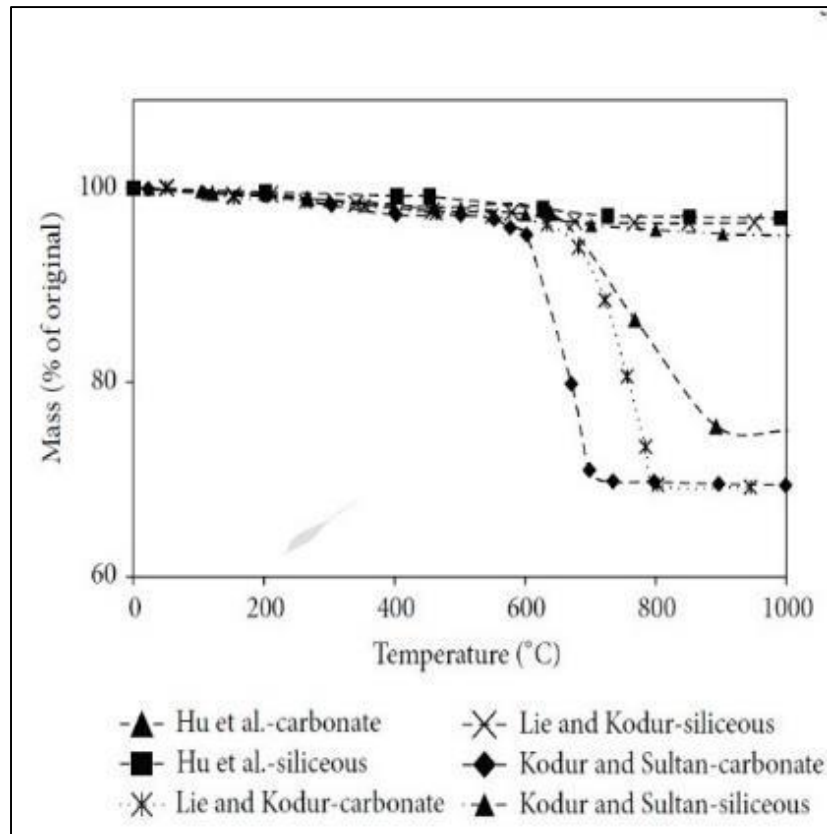


Figura 5 Variación de masa de un hormigón convencional en función de la temperatura para distintos tipos de agregados.

Fuente: Alba, (2015).

La resistencia del hormigón no ejerce influencia significativa en la pérdida de masa de éste con la temperatura, exhibiendo un HAR una tendencia similar a la de un hormigón convencional (Alba, 2015).

2.2.2.4.2. Propiedades Mecánicas del Hormigón en Altas Temperaturas.

De acuerdo a Alba (2015), nos hace mención:

“Las propiedades mecánicas de interés en el diseño de resistencia al fuego son la resistencia a compresión, resistencia a tracción, módulo elástico y la relación tensión-deformación en respuesta a compresión. Existen multitud de estudios sobre la variación de las propiedades mecánicas de diferentes tipos de hormigones a alta temperatura, mediante la realización de ensayos experimentales” (p.51).

- **Resistencia a Compresión.**

Según Hernández (2006), nos menciona: “Los resultados de las pruebas de resistencia a compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia específica f'_c , del proyecto” (p.20)

- **Resistencia a Tracción**

Según Harmsen (2001), nos define: “La resistencia a la tracción es mucho menor que su resistencia a la compresión constituyendo aproximadamente entre un 8% a 15% de esta” (p.24).

- **Módulo Elástico**

Alba (2015), menciona:

“El módulo elástico del hormigón a temperatura ambiente es variable según un amplio rango, el cual depende de la relación agua/cemento de la mezcla, la edad del hormigón, cantidad y naturaleza de los agregados. El módulo elástico reduce con el incremento de las altas temperaturas. La degradación del módulo elástico tanto para hormigones convencionales como para hormigones de alta resistencia se debe a las tensiones térmicas excesivas y a los cambios físico-químicos en la microestructura del mismo” (p.53).

- **Respuesta Tensión (MPa) - Deformación (mm)**

“A causa de una disminución de la resistencia a compresión y el aumento de la ductilidad del hormigón con la temperatura, la pendiente de la curva tensión - deformación disminuye, y con ella el módulo elástico”. (Alba, 2015, p.54).

2.2.2.5. Fenómeno de Spalling

Según Alba (2015), nos menciona:

“Cuando el hormigón es sometido a ambientes con carga térmica severa el aumento de la presión interna del agua sometida a temperaturas por encima de la de ebullición, genera tensiones locales elevadas que, en ocasiones puede producir una rotura explosiva. Este fenómeno es conocido como “spalling”. (p.55)

Alba (2015), nos menciona “Cuando el spalling afecta a las capas externas provocando desprendimientos del recubrimiento, suele llamársele desconchado. El desconchado es parte de la respuesta normal del hormigón frente a las altas temperaturas que se producen en un incendio”. (p.56).

Este efecto spalling o desconchamiento puede agruparse en cuatro categorías: agregado, explosión, superficie y esquinas. Alaba (2015), menciona:

“Las tres primeras pueden ocurrir durante los primeros 20-30 min en un fuego y están influenciados por el grado de calentamiento, mientras que la cuarta ocurre luego de 30-60 min de fuego y está influenciada por la temperatura máxima. El desconchamiento de superficie y el desconchamiento por explosión son violentos, siendo el desconchamiento por explosión el más grave de todos” (p.56).

Los factores que establecen el spalling o desconchamiento por explosión detectamos ciertos materiales, geometrías y factores medioambientales. Los factores principales son: “El grado de calentamiento, la permeabilidad del material, el nivel de saturación de los poros, la presencia de refuerzo y el nivel de carga extrema aplicada”.

“El hormigón de alta resistencia es más propenso a desprenderse explosivamente y a experimentar múltiples desbocamientos que el hormigón de resistencia normal ya que se crea mayor presión en los poros durante el calentamiento por el aumento de densidad y menor porosidad de su mezcla” (Alba, 2015, p.56).

Los mecanismos de desconchamiento por explosión pueden agruparse en tres:

“Desconchamiento por presión en los poros: Los principales factores que influyen son la permeabilidad del hormigón (siendo esta menor en HAR), el nivel de saturación de agua inicial, y el grado de calentamiento” (Alba, 2015, p.57).

Alba (2015), menciona:

“Desconchamiento por tensión térmica: Los materiales cerámicos pueden experimentar desconchamiento por explosión debido a tensiones térmicas excesivas generadas por el rápido calentamiento. El hormigón caliente genera gradientes de temperaturas que inducen fuerzas a compresión cerca de la superficie caliente y fuerzas a tracción en las regiones más frías” (p.57).

Alba (2015), menciona:

“Desconchamiento por tensión térmica y presión de poros combinadas: El desconchamiento por presión en los poros y el desconchamiento por tensión térmica, influenciados por cargas externas, actúan individualmente o combinados, dependiendo del tamaño de la sección, el tipo de hormigón y el contenido de humedad” (p.57).

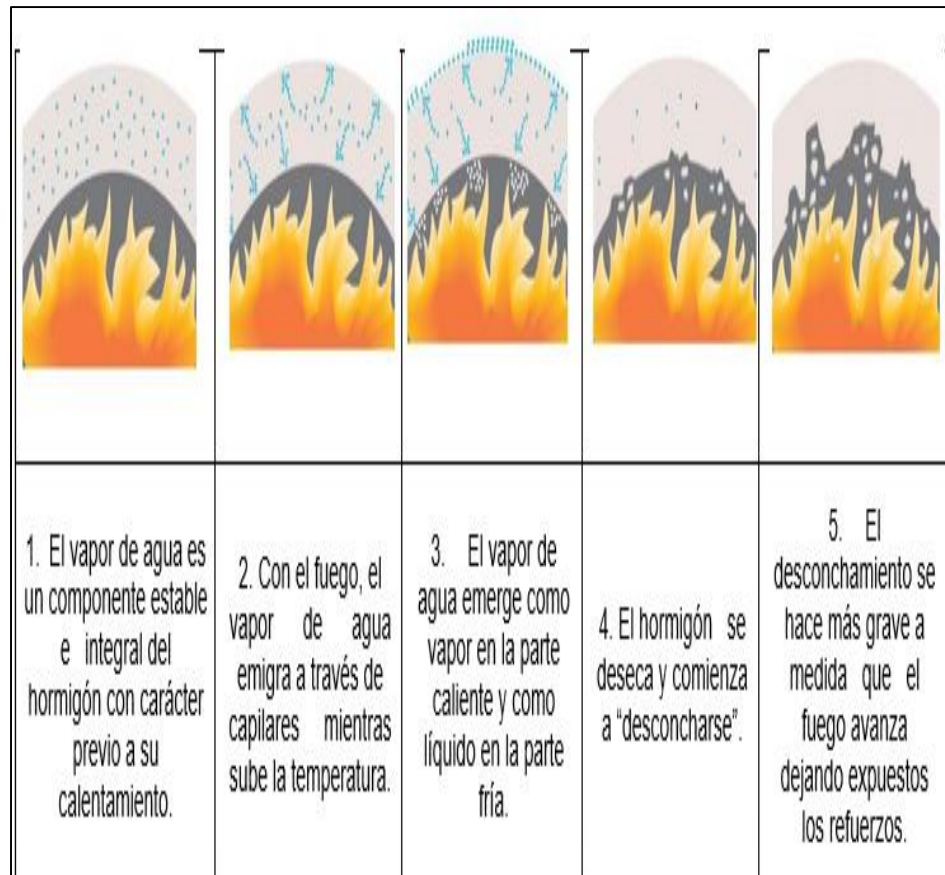


Figura 6 *Proceso del efecto spalling o desconchamiento del hormigón por presión en los poros.*

Fuente: (Alba, 2015).

El efecto del fenómeno de spalling o desconchamiento ocasiona:

- La reducción del material
- Disminución del tamaño de la sección.
- La exposición del acero de refuerzo en el concreto armado ante elevadas temperaturas.

Alba (2015), hace mención:

“Adicionalmente, el hormigón presenta una amplia variabilidad en la temperatura para la cual este fenómeno comienza a manifestarse. Esta temperatura es función del contenido en agua, porosidad de la matriz, velocidad de calentamiento y temperatura máxima alcanzada. En la siguiente figura, se observan los procesos físico-químicos que se producen en el

hormigón con el aumento de la temperatura. La temperatura del aire durante un incendio excede los 900°C. Sin embargo, las buenas propiedades de aislamiento del hormigón indican que el declive de la temperatura es largo y sólo la temperatura de las capas exteriores se incrementa de manera significativa superando los 300°C, mientras la temperatura del hormigón interior se mantiene comparativamente baja” (p.58).

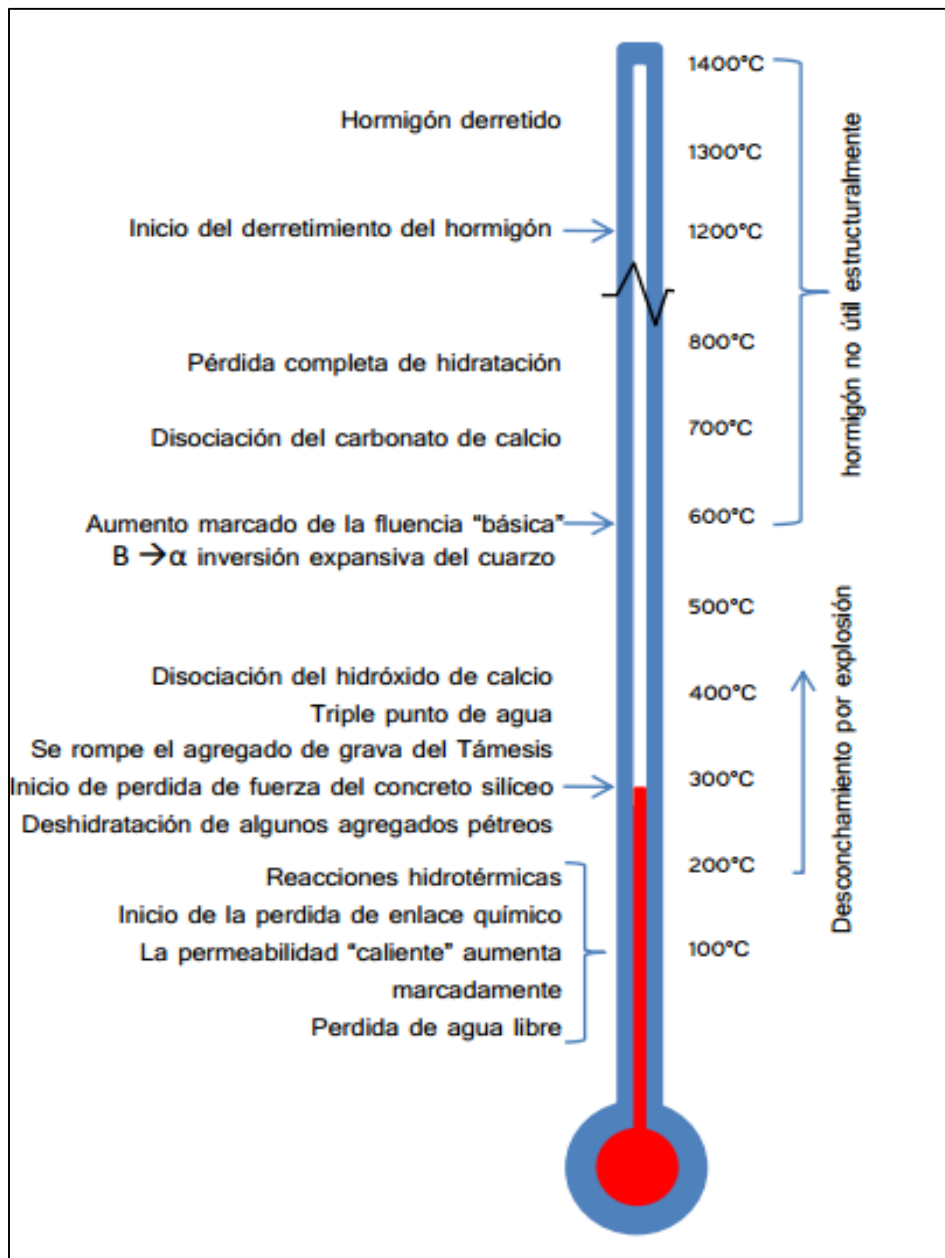


Figura 7 efectos de diferentes temperaturas en el concreto.
Fuente: (Virgilio y James, 2018).

2.3. Definición de Términos

- **Combustión:**
Esparza (2007), define como “Es cualquier sustancia capaz de arder en determinadas ocasiones. Cualquier materia que pueda arder o sufrir una rápida oxidación”.
- **Convección:**
Esparza (2001), nos define “Ocurre únicamente en los gases. Cuando un líquido o un gas se calienta, se expande y así se vuelve menos denso, teniendo a subir de nivel y desplazar al volumen más frío hacia abajo”.
- **Conducción:**
Cobeñas y Janampa (2019), define “Es la transmisión del calor a través de un sólido. Los objetos metálicos, tales como vigas, columnas, tuberías, clavos y cables son excelentes conductores del calor”
- **Material Incombustible:**
Cobeñas y Janampa (2019), define es “Un material incombustible se define como aquel material que al ser calentarlo por algún método determinado no arde ni emite vapores en cantidad suficiente para inflamarse al contacto de una llama”.
- **Resistencia al Fuego:**
Castillo y fuertes (2017), define “Es una medida de habilidad de un elemento estructural a resistir el fuego, usualmente el tiempo para el cual el elemento puede alcanzar un criterio durante la exposición al fuego estandarizado”.
- **Exposición Total:**
Cruz (2015), define que las probetas a ensayar sometidas al fuego deben estar expuestas en todas sus caras dicha exposición también se conocer como una incidencia directa.

- **Exposición Parcial:**

Cruz (2015), define que las probetas a ensayar se deben de exponer por lo menos en una de sus caras, dicho evento también se podría entender como una incidencia indirecta.

- **Temperatura Crítica:**

Gudayol (2005), nos define que es una edificación que alcanza una temperatura muy elevada y reduce su capacidad de estar estable.

- **Radiación:**

Cobeñas y Janampa (2019), define “Es la transmisión de calor a través de ondas invisibles que se propagan por el espacio al igual que la luz. Estas ondas o radiaciones se transmiten en línea recta en todas las direcciones”

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Los efectos del fuego por incendio son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020.

2.4.2. Hipótesis Específico

- a. Los efectos de la fase incipiente del fuego son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020.
- b. Los efectos de la fase de combustión libre del fuego son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020.
- c. Los efectos de la fase latente del fuego son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020.

2.5. Variables

2.5.1. Definición Conceptual de la Variable

Variable Independiente (X): Fuego por Incendio

- Se determina por incendio en las edificaciones a la ignición que no es deseada.

Por su parte Valenzuela (2010), nos define que “Un incendio es una ocurrencia de fuego controlada que puede abrasar algo que está destinado a quemarse”.

Variable Dependiente (Y): Comportamiento del Concreto Armado

- Puesto que el hormigón es muy resistente a esfuerzos de compresión, y teniendo una baja resistencia a esfuerzos de flexión y tracción, es por lo que se complementa el acero de refuerzo en el hormigón de tal manera que estos dos materiales unidos forman el concreto armado, formando un solo cuerpo y actúan a esfuerzos de resistencia.

De acuerdo a Malca (2018), nos menciona “Que el acero se incrusta en el hormigón de tal manera que estos dos materiales actúan como uno solo en fuerzas de resistencia”.

2.5.2. Definición Operacional de la Variable

Variable Independiente (X): Fuego por Incendio

- El fuego producido por un incendio tiene fases, las cuales son:
 - Fase incipiente o inicial (primera)
 - Fase de combustión libre (segunda)
 - Fase latente (tercera).

Variable Dependiente (Y): Comportamiento del Concreto Armado

- Donde las propiedades mecánicas a tomar en cuenta debido a su comportamiento son la resistencia a la compresión y a la tracción.

2.5.3. Operacionalización de la Variable

En la tabla N°6 se muestra la operacionalización de las variables.

Tabla 6 Operalización de Variable.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente Fuego Por Incendio	De acuerdo a Cárdenas (2015), "Un incendio se define como una combustión producida por el fuego que se descontrola. Un incendio puede llegar a ser extremadamente peligrosa para los seres vivos y el edificio" (p.21).	El fuego producido por un incendio tiene fases, las cuales son: fase incipiente, fase de combustión libre y la fase latente.	Fase Incipiente	Calor de la llama a 538 °C
			Fase de Combustión Libre	Puede exceder los 700 °C
			Fase Latente	Puede exceder los 538 °C
Variable dependiente Comportamiento Del Concreto Armado	De acuerdo a Chávez (2003), "Se denomina así al concreto simple reforzado con armaduras metálicas que absorben generalmente los esfuerzos de tracción que el concreto solo no podría resistir y, también para incrementar en algunos casos los esfuerzos de compresión del concreto" (p.2).	Donde las propiedades mecánicas a tomar en cuenta debido a su comportamiento son la resistencia a la compresión y a la tracción.	Resistencia a la Compresión	Ensayo a compresión de probetas cilíndricas.
			Resistencia a la Tracción	Ensayo a tracción por Compresión diametral.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Método de Investigación

El método general es el científico, de manera que esta investigación está basada: en la observación, procedimientos, instrumentos, técnicas, estrategias y tácticas metódicamente secuenciales y tiene como finalidad comprobar el planteamiento de nuestra hipótesis, si los efectos del fuego por incendio son significativos o no en el concreto: sin refuerzo y con refuerzo en sus tres fases del incendio.

De acuerdo a Boja (2012), “Es el conjunto de estrategias y procedimientos metódicamente secuenciales que tiene como objetivo la comprobación empírica de un planteamiento (hipótesis) y que permite la interpretación de la realidad: sin embargo, sus condiciones no pueden tomarse como una verdad absoluta” (p.8).

3.2. Tipo de Investigación

La presente tesis es de tipo aplicada, por lo que se utilizó la teoría y el conocimiento existente de los efectos del fuego por incendio de como este afecta a las estructuras de las edificaciones, dando así respuesta a nuestros problemas formulados, por lo tanto, tomando en cuenta la teoría existente al fuego provocado en los incendios y del concreto armado, tendremos la base o cimiento de conocimientos para poder aplicarlos en nuestra investigación.

De acuerdo a Maya (2014), nos menciona “Depende de los avances de la investigación básica, busca la aplicación y consecuencias prácticas,

sobre todo a nivel tecnológico de los conocimientos, lleva a la práctica los resultados de la investigación básica” (p. 17).

3.3. Nivel de Investigación

El proyecto de estudio es explicativo la cual mide, describe y analiza las causas y efectos de las características de los hechos o fenómenos. Puesto que, se busca explicar que suceden con las propiedades del concreto y sus características en los tres momentos o fases que se presenta en el fuego cuando se origina un incendio. Por ello, se recoge la información de las variables para poder analizar y evaluar de como la variable independiente influye en la variable dependiente. Hernández et al., (2014) indica que “Están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o faciales, su interés es centrarse en porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o porque se relaciona dos o más variables” (p.95).

3.4. Diseño de Investigación

En la tesis, el diseño de investigación es experimental – experimentos puros, en vista que se manipulan de manera deliberada la variable independiente con la finalidad de evaluar y analizar los efectos del fuego. Vale decir, se evaluara la variable dependiente (probetas sin refuerzo y probetas con refuerzo), el inicio y el final antes de manipular la variable independiente: es decir en esta investigación se manipulara los efectos del fuego en sus tres fases; simulando las temperaturas de un incendio y se evaluara el comportamiento de las probetas cilíndricas antes y después de la manipulación de la variable independiente, teniendo a su vez un grupo de control y experimental, así como la aleatorizada para controlar las variables extrañas.

Según Borja (2012), “Es aquella investigación en que la hipótesis se verifica mediante la manipulación deliberada por parte del investigador de las variables” (p.14).

3.5. Población y Muestra

- **Población**

De acuerdo a Borja (2012) nos menciona “Es el conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio” (p. 30).

La población está conformada por 78 probetas de concreto de 4” x 8” cada una, los cuales representarán a los elementos estructurales de los edificios, con un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 30 de los cuales serán para el grupo de control; es decir donde no serán intervenidos con fuego y los 48 restantes serán divididos en las 3 diferentes fases del fuego, 500 °C de temperatura en la fase incipiente, 600 °C de temperatura en la fase latente, 700 °C y 800 °C en la fase de combustión libre.

- **Muestra**

La muestra será igual al de la población por la cantidad de elementos, esto quiere decir que la muestra será censal.

Ramírez (2007) afirma “La muestra censal es aquella donde todas las unidades de investigación son consideradas como muestra”, (p. 75).

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.6.1. Técnicas

La técnica que se aplicó fue la observación directa, por ello el autor define: “En percibir intencionalmente el fenómeno o suceso, recopilar información, registrarla y analizar los eventos ocurrentes” (Borja,2012).

3.6.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos que se utilizaron fueron:

- Fichas de registro de datos que contuvieron información sobre el proceso de la elaboración de las muestras cilíndricas hasta su exposición a elevadas temperaturas.

- Informes de ensayos donde se obtuvo los resultados de las probetas expuestas al fuego en las tres fases.

3.7. Procesamiento de la Información

Los datos de la caracterización serán almacenados en el software Microsoft Excel y expresados en histogramas.

3.8. Técnicas y Análisis de Datos

Se procedió a evaluar y análisis los datos obtenidos de tipo cuantitativo por ello se utilizó la estadística inferencial, los datos de las muestras de las probetas cilíndricas expuestas al fuego en sus tres fases del incendio fueron procesados, codificados en instrumentos computacionales para luego ser representados en gráficos e interpretaciones.

CAPITULO IV

RESULTADOS

En este capítulo se presentan los principales resultados de la investigación, en los cuales se muestra cuáles son los efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios. también cabe indicar que sólo se incluirán las figuras, gráficos y tablas más importantes y significativos de la investigación que nos van a permitir aceptar o rechazar las hipótesis formuladas.

4.1. Resultado de la Fase Incipiente o Inicial del Fuego.

Es la primera fase del incendio, donde su temperatura puede ser de 538 °C que progresivamente va aumentando el calor.

Y para determinar cuáles serían los efectos de la fase incipiente del fuego se realizaron ensayos granulométricos del agregado fino y agregado grueso (arena gruesa y piedra chancada) y se procedió con la elaboración del diseño de mezcla con un $f'c=210$ kg/cm², luego se procedió a la elaboración de las probetas de concreto sin refuerzo y probetas de concreto con refuerzo (alambre negro recocido N°8), las probetas con refuerzo de (4" x 8") las varillas del alambre negro se colocaron en el centro de las probetas dándole así mayor resistencia al concreto llevándolo a un tiempo de curado de 28 días, para luego ser sometido al fuego en el horno artesanal hasta llegar a los **500 °C en un tiempo de 30 minutos** después de haber sido sometido las probetas de concreto al fuego se procedió en el laboratorio a su rotura, para poder observar su resistencia (compresión y tracción).

Para la obtención de los datos de las probetas sin refuerzo y con refuerzo se procedió con las probetas a medir la altura inicial y final (cm), el diámetro inicial y final (cm), peso de las probetas inicial y final en (g), el volumen (cm³), densidad (g/cm³) y a hallar la desviación estándar. Los datos obtenidos se mostrarán en las siguientes tablas:

Tabla 7 Datos de la probeta patrón sin refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a compresión.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)			VOLUMEN (CM3)	DENSIDAD (G/CM3)	DESVIACION ESTANDAR σ
			INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	PERDIDA EN %			
500 °C	E25	28	20.25	20.26	10.12	10.15	3971	3713	6.497	1639.310	2.265	0.026
	E26	28	20.24	20.24	10.10	10.15	4025	3642	9.516	1637.692	2.224	
	E27	28	20.22	20.24	10.11	10.11	3829	3604	5.876	1624.809	2.218	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas (E25, E26 Y E27), obtenidos en laboratorio sin refuerzo expuestas al fuego a los 500 °C, a los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a compresión, con una desviación estándar de 0.026.

Tabla 8 Datos de la probeta patrón sin refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a tracción por compresión diametral.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)			VOLUMEN (CM3)	DENSIDAD (G/CM3)	DESVIACION ESTANDAR σ
			INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	PERDIDA EN %			
500 °C	E28	28	20.26	20.28	10.09	10.12	3850	3671	4.649	1631.242	2.250	0.015
	E29	28	20.29	20.31	10.10	10.13	3872	3654	5.630	1636.886	2.232	
	E30	28	20.28	20.28	10.10	10.11	3929	3682	6.287	1628.020	2.262	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas (E28, E29 Y E30), obtenidos en laboratorio sin refuerzo expuestas al fuego a los 500 °C, a los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a tracción, con una desviación estándar de 0.015.

Tabla 9 Datos de la probeta patrón con refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a compresión.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°8			ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)			VOLUMEN (CM3)	DENSIDAD (G/CM3)	DESVIACION ESTANDAR σ
			PESO (G)	\emptyset (MM)	H (CM)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	PERDIDA EN %			
500° C	J1	28	22	4.20	20.08	20.28	20.32	10.10	10.11	3902	3616	7.330	1631.231	2.217	0.030
	J2	28	21	4.20	20.07	20.28	20.29	10.11	10.13	3917	3605	7.965	1635.274	2.205	
	J3	28	21	4.20	20.02	20.27	20.27	10.09	10.12	3886	3520	9.418	1630.438	2.159	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas (J1, J2 Y J3), obtenidos en laboratorio con refuerzo expuestas al fuego a los 500 °C, a los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a compresión, con una desviación estándar de 0.030.

Tabla 10 Datos de la probeta patrón con refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a tracción por compresión diametral.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°8			ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)			VOLUMEN (CM3)	DENSIDAD (G/CM3)	DESVIACION ESTANDAR σ
			PESO (G)	\emptyset (MM)	H (CM)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	PERDIDA EN %			
500° C	J4	28	21	4.20	20.02	20.28	20.28	10.09	10.11	3925	3548	9.605	1628.020	2.179	0.043
	J5	28	22	4.20	20.09	20.29	20.29	10.12	10.12	3879	3678	5.182	1632.047	2.254	
	J6	28	21	4.20	20.03	20.30	20.30	10.11	10.13	3972	3688	7.150	1636.080	2.254	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas (J4, J5 Y J6), obtenidos en laboratorio con refuerzo expuestas al fuego a los 500 °C, a los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a tracción, con una desviación estándar de 0.043.

Tabla 11 Resistencia de la probeta sin refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a compresión.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	TIEMPO (MIN)	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)
500 °C	E25	28	00:30	20.26	10.15	3.713	80.914	157.73	16088.46	198.835	198.988
	E26	28	00:30	20.24	10.15	3.642	80.914	158.90	16207.8	200.310	
	E27	28	00:30	20.24	10.11	3.604	80.277	155.69	15880.38	197.819	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestra el promedio de las resistencias de 198.988 kg/cm² de las probetas (E25, E26 Y E27), sin refuerzo expuestas al fuego a los 500 °C, con un tiempo de 00:30 minutos los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sometidos a compresión.

Tabla 12 Resistencia de la probeta sin refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a tracción por compresión diametral.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	TIEMPO (MIN)	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM2)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM2)
500 °C	E28	28	00:30	20.28	10.12	3.671	80.436	69.25	7063.50	21.910	21.893
	E29	28	00:30	20.31	10.13	3.654	80.595	68.29	6965.58	21.554	
	E30	28	00:30	20.28	10.11	3.682	80.277	70.14	7154.28	22.214	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestra el promedio de las resistencias de 21.893 kg/cm² de las probetas (E28, E29 Y E30), sin refuerzo expuestas al fuego a los 500 °C, con un tiempo de 00:30 minutos los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sometidos a tracción.

Tabla 13 Resistencia de la probeta con refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a compresión.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	TIEMPO (MIN)	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)
500 °C	J1	28	00:30	20.32	10.11	3.616	80.277	191.96	19579.92	243.904	242.843
	J2	28	00:30	20.29	10.13	3.605	80.595	192.45	19629.90	243.562	
	J3	28	00:30	20.27	10.12	3.520	80.436	190.10	19390.20	241.064	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestra el promedio de las resistencias de 242.843 kg/cm² de las probetas (J1, J2 Y J3), con refuerzo expuestas al fuego a los 500 °C, con un tiempo de 00:30 minutos los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sometidos a compresión.

Tabla 14 Resistencia de la probeta con refuerzo expuesto al fuego a los 500 °C a tracción por compresión diametral.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	TIEMPO (MIN)	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM2)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM2)
500 °C	J4	28	00:30	20.28	10.11	3.548	80.277	89.14	9092.280	28.232	28.546
	J5	28	00:30	20.29	10.12	3.678	80.436	90.25	9205.500	28.541	
	J6	28	00:30	20.30	10.13	3.688	80.595	91.41	9323.820	28.865	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra el promedio de las resistencias de 28.546 kg/cm² de las probetas (J4, J5 Y J6), con refuerzo expuestas al fuego a los 500 °C, con un tiempo de 00:30 minutos los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sometidos a tracción.

4.2. Resultado de la Fase de Combustión Libre del Fuego.

Es la segunda fase del incendio donde se alcanza temperaturas superiores a 700 °C y 800 °C, debido a la combustión y propagación del fuego.

Y para determinar cuáles serían los efectos de la fase de combustión del fuego se realizaron ensayos granulométricos del agregado fino y agregado grueso (arena gruesa y piedra chancada) y se procedió con la elaboración del diseño de mezcla con un $f'c=210$ kg/cm², luego se procedió a la elaboración de probetas de concreto sin refuerzo y probetas de concreto con refuerzo (alambre negro recocido N°8), las probetas con refuerzo de (4" x 8") las varillas del alambre negro se colocaron en el centro de las probetas dándole así mayor resistencia al concreto llevándolo a un tiempo de curado de 28 días, para luego ser sometido al fuego en el horno artesanal hasta llegar a **los 700 °C en un tiempo de 150 minutos y 800 °C en un tiempo de 210 minutos** después de haber sido sometido las probetas de concreto al fuego se procedió en el laboratorio a su rotura, para poder observar su resistencia (compresión y tracción).

Para la obtención de los datos de las probetas sin refuerzo y con refuerzo se procedió con las probetas a medir la altura inicial y final (cm), el diámetro inicial y final (cm), peso de las probetas inicial y fina en (g), el volumen (cm³), densidad (g/cm³) y a hallar la desviación estándar. Los datos obtenidos se mostrarán en las siguientes tablas:

Tabla 15 Datos de la probeta patrón sin refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a compresión.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)			VOLUMEN (CM3)	DENSIDAD (G/CM3)	DESVIACION ESTANDAR σ
			INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	PERDIDA EN %			
700 °C	G37	28	20.27	20.27	10.12	10.12	3974	3667	7.725	1630.438	2.249	0.026
	G38	28	20.28	20.30	10.11	10.12	3958	3669	7.302	1632.851	2.247	
	G39	28	20.28	20.29	10.13	10.15	3966	3672	7.413	1641.737	2.237	
800 °C	H43	28	20.25	20.28	10.11	10.15	3992	3588	10.120	1640.928	2.187	
	H44	28	20.23	20.24	10.10	10.11	3983	3658	8.160	1624.809	2.251	
	H45	28	20.22	20.22	10.13	10.12	3952	3602	8.856	1626.416	2.215	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas (G37, G38, G39, H43, H44 y H45), obtenidos en laboratorio sin refuerzo expuestas al fuego a los 700 °C y 800°C a los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a compresión, una desviación estándar de 0.026.

Tabla 16 Datos de la probeta patrón sin refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a tracción por compresión diametral.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)			VOLUMEN (CM3)	DENSIDAD (G/CM3)	DESVIACION ESTANDAR σ
			INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	PERDIDA EN %			
700 °C	G40	28	20.28	20.29	10.11	10.13	4060	3729	8.153	1635.274	2.280	0.075
	G41	28	20.27	20.27	10.09	10.11	3982	3742	6.027	1627.217	2.300	
	G42	28	20.30	20.28	10.10	10.14	3955	3635	8.091	1637.696	2.220	
800 °C	H46	28	20.25	20.26	10.09	10.11	3968	3646	8.115	1626.415	2.242	
	H47	28	20.29	20.27	10.10	10.10	3679	3398	7.638	1624.000	2.092	
	H48	28	20.28	20.27	10.11	10.09	3984	3672	7.831	1620.766	2.266	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas (G40, G41, G42, H46, H47 y H48), obtenidos en laboratorio sin refuerzo expuestas al fuego a los 700 °C y 800°C a los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a tracción, una desviación estándar de 0.075.

Tabla 17 Datos de la probeta patrón con refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a compresión por compresión diametral.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°8			ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)			VOLUMEN (CM3)	DENSIDAD (G/CM3)	DESVIACION ESTANDAR σ
			PESO (G)	\emptyset (MM)	H (CM)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	PERDIDA EN %			
700° C	L1	28	22	4.20	20.09	20.33	20.33	10.10	10.12	3925	3629	7.541	1635.264	2.219	0.080
	L2	28	21	4.20	20.04	20.26	20.27	10.09	10.14	3923	3635	7.341	1636.889	2.221	
	L3	28	21	4.20	20.06	20.26	20.28	10.13	10.13	3940	3649	7.386	1634.468	2.233	
800° C	M1	28	22	4.20	20.09	20.26	20.27	10.15	10.15	3598	3316	7.838	1640.119	2.022	
	M2	28	21	4.20	20.06	20.31	20.31	10.09	10.11	3902	3611	7.458	1630.428	2.215	
	M3	28	21	4.20	20.03	20.29	20.29	10.12	10.12	3871	3563	7.957	1632.047	2.183	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas (L1, L2, L3, M1, M2 y M3), obtenidos en laboratorio con refuerzo expuestas al fuego a los 700 °C y 800°C a los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a compresión, una desviación estándar de 0.080.

Tabla 18 Datos de la probeta patrón con refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a tracción por compresión diametral.

GRADO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°8			ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)			VOLUMEN (CM3)	DENSIDAD (G/CM3)	DESVIACION ESTANDAR σ
			PESO (G)	\varnothing (MM)	H (CM)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	PERDIDA EN %			
700° C	L4	28	22	4.20	20.04	20.32	20.32	10.11	10.14	3912	3631	7.183	1640.926	2.213	0.084
	L5	28	21	4.20	20.01	20.29	20.31	10.09	10.13	3902	3675	5.818	1636.886	2.245	
	L6	28	22	4.20	20.07	20.27	20.28	10.11	10.11	3936	3702	5.945	1628.020	2.274	
800° C	M4	28	21	4.20	20.02	20.27	20.29	10.11	10.11	3621	3327	8.119	1628.823	2.043	
	M5	28	22	4.20	20.08	20.29	20.28	10.12	10.11	3958	3612	8.742	1628.020	2.219	
	M6	28	22	4.20	20.09	20.31	20.29	10.10	10.13	3890	3678	5.450	1635.274	2.249	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas (L4, L5, L6, M4, M5 y M6), obtenidos en laboratorio con refuerzo expuestas al fuego a los 700 °C y 800°C a los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a tracción, una desviación estándar de 0.084.

Tabla 19 Resistencia de la probeta sin refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a compresión.

GRADO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	TIEMPO (MIN)	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)
700 °C	G37	28	02:30	20.27	10.12	3.667	80.436	116.90	11923.8	148.240	147.685
	G38	28	02:30	20.30	10.12	3.669	80.436	117.77	12012.5	149.343	
	G39	28	02:30	20.29	10.15	3.672	80.914	115.40	11770.8	145.474	
800 °C	H43	28	03:30	20.28	10.15	3.588	80.914	100.20	10220.4	126.312	126.669
	H44	28	03:30	20.24	10.11	3.658	80.277	100.95	10296.9	128.267	
	H45	28	03:30	20.22	10.12	3.602	80.436	98.91	10088.8	125.427	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra dos resistencias promedias de 147.685 kg/cm², a los 700 °C, con un tiempo de 02:30 minutos y 126.669 kg/cm², a los 800 °C, con un tiempo de 03:30 minutos. Datos obtenidos en laboratorio, las probetas (G37, G38, G39, H43, H44 y H45), sin refuerzo expuestas al fuego a los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sometidos a compresión.

Tabla 20 Resistencia de la probeta sin refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a tracción por compresión diametral.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	TIEMPO (MIN)	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM2)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM2)
700 °C	G40	28	02:30	20.29	10.13	3.729	80.595	52.91	5396.82	16.716	16.939
	G41	28	02:30	20.27	10.11	3.742	80.277	53.62	5469.24	16.990	
	G42	28	02:30	20.28	10.14	3.635	80.754	54.19	5527.38	17.112	
800 °C	H46	28	03:30	20.26	10.11	3.646	80.277	46.61	4754.22	14.776	14.685
	H47	28	03:30	20.27	10.10	3.398	80.118	45.83	4674.66	14.536	
	H48	28	03:30	20.27	10.09	3.672	79.960	46.43	4735.86	14.741	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra dos resistencias promedias de 16.939 kg/cm², a los 700 °C, con un tiempo de 02:30 minutos y 14.685 kg/cm² a los 800 °C, con un tiempo de 03:30 minutos datos obtenidos en laboratorio, las probetas (G40, G41, G42, H46, H47 y H48), sin refuerzo expuestas al fuego a los 28 días f'c=210kg/cm² sometidos a tracción.

Tabla 21 Resistencia de la probeta con refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a compresión.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	TIEMPO (MIN)	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)
700 °C	L1	28	02:30	20.33	10.12	3.629	80.436	148.14	15110.280	187.855	187.041
	L2	28	02:30	20.27	10.14	3.635	80.754	148.52	15149.040	187.594	
	L3	28	02:30	20.28	10.13	3.649	80.595	146.71	14964.420	185.674	
800 °C	M1	28	03:30	20.27	10.15	3.316	80.914	121.02	12344.040	152.558	152.896
	M2	28	03:30	20.31	10.11	3.611	80.277	121.32	12374.640	154.149	
	M3	28	03:30	20.29	10.12	3.563	80.436	119.85	12224.700	151.980	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra dos resistencias promedias de 187.041 kg/cm², a los 700 °C, con un tiempo de 02:30 minutos y 152.896 kg/cm² a los 800 °C, con un tiempo de 03:30 minutos datos obtenidos en laboratorio, las probetas (L1, L2, L3, M1, M2 y M3), con refuerzo expuestas al fuego a los 28 días f'c=210kg/cm² sometidos a compresión.

Tabla 22 Resistencia de la probeta con refuerzo expuesto al fuego a los 700 °C – 800 °C a tracción por compresión diametral.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	TIEMPO (MIN)	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM2)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM2)
700 °C	L4	28	02:30	20.32	10.14	3.631	80.754	63.52	6479.040	20.018	20.141
	L5	28	02:30	20.31	10.13	3.675	80.595	64.85	6614.700	20.468	
	L6	28	02:30	20.28	10.11	3.702	80.277	62.95	6420.900	19.937	
800 °C	M4	28	03:30	20.29	10.11	3.327	80.277	56.25	5737.500	17.806	17.602
	M5	28	03:30	20.28	10.11	3.612	80.277	54.74	5583.480	17.337	
	M6	28	03:30	20.29	10.13	3.678	80.595	55.91	5702.820	17.664	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra dos resistencias promedias de 20.141 kg/cm², a los 700 °C, con un tiempo de 02:30 minutos y 17.602 kg/cm² a los 800 °C, con un tiempo de 03:30 minutos datos obtenidos en laboratorio, las probetas (L4, L5, L6, M4, M5 y M6), con refuerzo expuestas al fuego a los 28 días f'c=210kg/cm² sometidos a tracción.

4.3. Resultado de la Fase Latente del Fuego.

Es la tercera fase, donde el incendio (fuego) continua latente y las edificaciones se terminan de llenar de gases por la combustión y de humo denso superando los 538 °C.

Y para determinar cuáles serían los efectos de la fase de combustión del fuego se realizaron ensayos granulométricos del agregado fino y agregado grueso (arena gruesa y piedra chancada) y se procedió con la elaboración del diseño de mezcla con un $f'c=210$ kg/cm², luego se procedió a la elaboración de probetas de concreto sin refuerzo y probetas de concreto con refuerzo (alambre negro recocido N°8), las probetas con refuerzo de (4" x 8") las varillas del alambre negro se colocaron en el centro de las probetas dándole así mayor resistencia al concreto llevándolo a un tiempo de curado de 28 días, para luego ser sometido al fuego en el horno artesanal hasta llegar a los **600 °C en un tiempo de 90 minutos** después de haber sido sometido las probetas de concreto al fuego se procedió en el laboratorio a su rotura, para poder observar su resistencia (compresión y tracción).

Para la obtención de los datos de las probetas sin refuerzo y con refuerzo se procedió con las probetas a medir la altura inicial y final (cm), el diámetro inicial y final (cm), peso de las probetas inicial y fina en (g), el volumen (cm³), densidad (g/cm³) y a hallar la desviación estándar. Los datos obtenidos se mostrarán en las siguientes tablas:

Tabla 23 Datos de la probeta patrón sin refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a compresión.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)			VOLUMEN (CM3)	DENSIDAD (G/CM3)	DESVIACION ESTANDAR σ
			INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	PERDIDA EN %			
600 °C	F31	28	20.23	20.25	10.12	10.12	3943	3645	7.558	1628.829	2.238	0.019
	F32	28	20.25	20.25	10.12	10.12	3909	3601	7.879	1628.829	2.211	
	F33	28	20.21	20.23	10.10	10.11	3930	3573	9.084	1624.006	2.200	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas (F31, F32 Y F33), obtenidos en laboratorio sin refuerzo expuestas al fuego a los 600 °C, a los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a compresión, una desviación estándar de 0.019.

Tabla 24 Datos de la probeta patrón sin refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a tracción por compresión diametral.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)			VOLUMEN (CM3)	DENSIDAD (G/CM3)	DESVIACION ESTANDAR σ
			INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	PERDIDA EN %			
600 °C	F34	28	20.31	20.29	10.10	10.13	3654	3612	1.149	1635.274	2.209	0.062
	F35	28	20.27	20.27	10.11	10.10	3907	3605	7.730	1624.000	2.220	
	F36	28	20.30	20.28	10.08	10.12	3990	3437	13.860	1631.242	2.107	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas (F34, F35 Y F36), obtenidos en laboratorio sin refuerzo expuestas al fuego a los 600 °C, a los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a tracción, una desviación estándar de 0.062.

Tabla 25 Datos de la probeta patrón con refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a compresión.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°8			ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)			VOLUMEN (CM3)	DENSIDAD (G/CM3)	DESVIACION ESTANDAR σ
			PESO (G)	\varnothing (MM)	H (CM)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	PERDIDA EN %			
600° C	K1	28	22	4.20	20.09	20.27	20.29	10.08	10.11	3938	3620	8.075	1628.823	2.222	0.012
	K2	28	22	4.20	20.09	20.32	20.31	10.10	10.13	3922	3653	6.859	1636.886	2.232	
	K3	28	21	4.20	20.06	20.31	20.31	10.12	10.12	3895	3606	7.420	1633.655	2.207	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas (k1, k2 Y k3), obtenidos en laboratorio con refuerzo expuestas al fuego a los 600 °C, a los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a compresión, una desviación estándar de 0.012.

Tabla 26 Datos de la probeta patrón con refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a tracción por compresión diametral.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°8			ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)			VOLUMEN (CM3)	DENSIDAD (G/CM3)	DESVIACION ESTANDAR σ
			PESO (G)	\varnothing (MM)	H (CM)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	PERDIDA EN %			
600° C	K4	28	21	4.20	20.05	20.31	20.32	10.09	10.12	3876	3562	8.101	1634.460	2.179	0.029
	K5	28	22	4.20	20.06	20.28	20.29	10.10	10.11	3955	3599	9.001	1628.823	2.210	
	K6	28	22	4.20	20.08	20.26	20.28	10.12	10.12	3961	3648	7.902	1631.242	2.236	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas (k4, k5 Y k6), obtenidos en laboratorio con refuerzo expuestas al fuego a los 600 °C, a los 28 días $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a tracción, una desviación estándar de 0.029

Tabla 27 Resistencia de la probeta sin refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a compresión.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	TIEMPO (MIN)	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)
600 °C	F31	28	01:30	20.25	10.12	3.645	80.436	128.04	13060.08	162.366	162.176
	F32	28	01:30	20.25	10.12	3.601	80.436	128.99	13156.98	163.571	
	F33	28	01:30	20.23	10.11	3.573	80.277	126.39	12891.78	160.591	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestra el promedio de las resistencias de 162.176 kg/cm² de las probetas (F31, F32 Y F33), sin refuerzo expuestas al fuego a los 600 °C, con un tiempo de 01:30 minutos los 28 días f'c=210kg/cm² sometidos a compresión.

Tabla 28 Resistencia de la probeta sin refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a tracción por compresión diametral.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	TIEMPO (MIN)	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM2)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM2)
600 °C	F34	28	01:30	20.29	10.13	3.612	80.595	59.25	6043.5	18.719	18.816
	F35	28	01:30	20.27	10.10	3.605	80.118	60.17	6137.34	19.085	
	F36	28	01:30	20.28	10.12	3.437	80.436	58.93	6010.86	18.645	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestra el promedio de las resistencias de 18.816 kg/cm² de las probetas (F34, F35 Y F36), sin refuerzo expuestas al fuego a los 600 °C, con un tiempo de 01:30 minutos los 28 días f'c=210kg/cm² sometidos a tracción.

Tabla 29 Resistencia de la probeta con refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a compresión.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	TIEMPO (MIN)	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)
600 °C	K1	28	01:30	20.29	10.11	3.620	80.277	156.49	15961.980	198.836	197.970
	K2	28	01:30	20.31	10.13	3.653	80.595	156.89	16002.780	198.558	
	K3	28	01:30	20.31	10.12	3.606	80.436	154.97	15806.940	196.516	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestra el promedio de las resistencias de 197.790 kg/cm² de las probetas (k1, k2 Y k3), con refuerzo expuestas al fuego a los 600 °C, con un tiempo de 01:30 minutos los 28 días f'c=210kg/cm2 sometidos a compresión.

Tabla 30 Resistencia de la probeta con refuerzo expuesto al fuego a los 600 °C a tracción por compresión diametral.

GRADO DE EXPOSICION AL FUEGO	PROBETA	EDAD (DIAS)	TIEMPO (MIN)	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM2)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM2)
600 °C	K4	28	01:30	20.32	10.12	3.562	80.436	67.48	6882.960	21.308	21.639
	K5	28	01:30	20.29	10.11	3.599	80.277	68.12	6948.240	21.574	
	K6	28	01:30	20.28	10.12	3.648	80.436	69.57	7096.140	22.033	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestra el promedio de las resistencias de 21.639 kg/cm² de las probetas (K4, K5 Y K6), con refuerzo expuestas al fuego a los 600 °C, con un tiempo de 01:30 minutos los 28 días f'c=210kg/cm2 sometidos a tracción.

4.4. Resultado del Fuego por Incendio en el Concreto Armado.

Los datos de los efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios – Huancayo fueron obtenidos en el campo (laboratorio).

Se realizaron ensayos granulométricos del agregado fino y agregado grueso (arena gruesa y piedra chancada) y se procedió con la elaboración del diseño de mezcla con un $f'c=210$ kg/cm², luego se procedió a la elaboración de las probetas de concreto sin refuerzo y probetas de concreto con refuerzo (alambre negro recocido N°8), las probetas con refuerzo de (4" x 8") las varillas del alambre negro se colocaron en el centro de las probetas dándole así mayor resistencia al concreto llevándolo a un tiempo de 7,14,21,y 28 días de curado, para luego ser sometido al fuego en el horno artesanal y así observar las diferencias de las resistencias en días.

Las probetas sin refuerzo y con refuerzo se basan a su disminución de resistencia en base al concreto patrón 28 días de curado para poder determinar cuánto disminuye el concreto en distintas temperaturas alcanzadas. 500 °C ,600°C ,700°C Y 800 °C.

Para la obtención de los datos de las probetas sin refuerzo y con refuerzo se procedió con las probetas a medir la altura inicial y final (cm), el diámetro inicial y final (cm), peso de las probetas inicial y fina en (g), el volumen (cm³), densidad (g/cm³) y a hallar la desviación estándar. Los datos obtenidos se mostrarán en las siguientes tablas:

Tabla 31 Datos de la probeta patrón sin refuerzo en días no expuesta al fuego con un $f'c=210$ kg/cm² a compresión.

EDAD (DIAS)	PROBETA	ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)		VOLUMEN (CM ³)	DENSIDAD (G/CM ³)	DESVIACION ESTANDAR σ
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL			
7	A1	20.30	20.30	10.12	10.12	3911	3911	1632.85	2.395	0.069
	A2	20.29	20.29	10.13	10.13	3896	3896	1635.27	2.382	
	A3	20.30	20.30	10.14	10.14	3901	3901	1639.31	2.380	
14	B7	20.27	20.27	10.12	10.12	3621	3621	1630.44	2.221	
	B8	20.29	20.29	10.11	10.11	3970	3970	1628.82	2.437	
	B9	20.28	20.28	10.12	10.12	3954	3954	1631.24	2.424	
21	C13	20.29	20.29	10.11	10.11	3901	3901	1628.82	2.395	
	C14	20.28	20.28	10.12	10.12	3663	3663	1631.24	2.246	
	C15	20.31	20.31	10.13	10.13	3957	3957	1636.89	2.417	
28	D19	20.30	20.30	10.14	10.14	3943	3943	1639.31	2.405	
	D20	20.29	20.29	10.11	10.11	3929	3929	1628.82	2.412	
	D21	20.29	20.29	10.11	10.11	3926	3926	1628.82	2.410	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas (A1, A2, A3) a los 7 días (B7, B8, B9) a los 14 días (C13, C14, C15) a los 21 días y (D19, D20 Y D21) a los 28 días, sin refuerzo expuestas al fuego, obteniendo una desviación estándar de 0.069.

Tabla 32 Datos de la probeta patrón sin refuerzo en días no expuesta al fuego con un $f'c=210$ kg/cm² a tracción por compresión diametral.

EDAD (DIAS)	PROBETA	ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)		VOLUMEN (CM ³)	DENSIDAD (G/CM ³)	DESVIACION ESTANDAR σ
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL			
28	A4	20.29	20.29	10.10	10.10	3907	3907	1625.60	2.403	0.008
	A5	20.30	20.30	10.12	10.12	3927	3927	1632.85	2.405	
	A6	20.28	20.28	10.11	10.11	3937	3937	1628.02	2.418	

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra los datos de las probetas (A4, A5, A6), obtenidos en laboratorio a los 28 días, sin refuerzo expuestas al fuego, obteniendo una desviación estándar de 0.008.

Tabla 33 Datos de la probeta patrón con refuerzo en días no expuesta al fuego con un $f'c=210$ kg/cm² a compresión.

EDAD (DIAS)	PROBETA	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°8			ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)		VOLUMEN (CM ³)	DENSIDAD (G/CM ³)	DESVIACION ESTANDAR σ
		PESO (G)	Ø (MM)	H (CM)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL			
7	I1	21	4.20	20.06	20.29	20.29	10.11	10.11	3888	3888	1628.823	2.387	0.049
	I2	22	4.20	20.09	20.28	20.28	10.10	10.10	3954	3954	1624.801	2.434	
	I3	21	4.20	20.08	20.29	20.29	10.13	10.13	3921	3921	1635.274	2.398	
14	I4	21	4.20	20.02	20.28	20.28	10.12	10.12	3964	3964	1631.242	2.430	
	I5	21	4.20	20.06	20.27	20.27	10.10	10.10	3898	3898	1624.000	2.400	
	I6	22	4.20	20.09	20.28	20.28	10.11	10.11	3967	3967	1628.020	2.437	
21	I7	21	4.20	20.08	20.29	20.29	10.12	10.12	3952	3952	1632.047	2.421	
	I8	22	4.20	20.08	20.30	20.30	10.13	10.13	3876	3876	1636.080	2.369	
	I9	21	4.20	20.02	20.27	20.27	10.10	10.10	3679	3679	1624.000	2.265	
28	I10	21	4.20	20.02	20.26	20.26	10.09	10.09	3933	3933	1619.986	2.428	
	I11	21	4.20	20.09	20.29	20.29	10.11	10.11	3971	3971	1628.823	2.438	
	I12	21	4.20	20.07	20.28	20.28	10.13	10.13	3897	3879	1634.468	2.373	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas obtenidos en laboratorio (I1, I2, I3) a los 7 días (I4, I5, I6) a los 14 días (I7, I8, I9) a los 21 días y (I10, I11 Y I12) a los 28 días, sin refuerzo expuestas al fuego, obteniendo una desviación estándar de 0.049.

Tabla 34 Datos de la probeta patrón con refuerzo en días no expuesta al fuego con un $f'c=210$ kg/cm² a tracción por compresión diametral.

EDAD (DIAS)	PROBETA	EDAD (DIAS)	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°8			ALTURA (CM)		DIAMETRO (CM)		PESO (G)		VOLUMEN (CM ³)	DENSIDAD (G/CM ³)	DESVIACION ESTANDAR σ
			PESO (G)	Ø (MM)	H (CM)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL			
	I13	28	21	4.20	20.05	20.26	20.26	10.10	10.10	3927	3927	1623.199	2.419	
28	I14	28	22	4.20	20.09	20.28	20.28	10.12	10.12	3884	3884	1631.242	2.381	0.024
	I15	28	21	4.20	20.07	20.30	20.30	10.11	10.11	3953	3953	1629.626	2.426	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra los datos de las probetas (I13, I14, I15), obtenidos en laboratorio a los 28 días, sin refuerzo expuestas al fuego, obteniendo una desviación estándar de 0.024.

Tabla 35 Resistencia de la probeta sin refuerzo en días no expuesta al fuego con un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a compresión.

EDAD (DIAS)	PROBETA	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM ²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM ²)
7	A1	20.30	10.12	3.911	80.436	119.50	12189.00	151.537	150.965
	A2	20.29	10.13	3.896	80.595	120.39	12279.78	152.364	
	A3	20.30	10.14	3.901	80.754	117.96	12031.92	148.994	
14	B7	20.22	10.12	3.621	80.436	156.16	15928.32	198.025	194.421
	B8	20.27	10.11	3.970	80.277	153.29	15635.58	194.770	
	B9	20.23	10.12	3.954	80.436	150.20	15320.40	190.467	
21	C13	20.29	10.11	3.901	80.277	170.72	17413.44	216.917	216.093
	C14	20.28	10.12	3.663	80.436	171.98	17541.96	218.086	
	C15	20.31	10.13	3.957	80.595	168.52	17189.04	213.277	
28	D19	20.30	10.14	3.943	80.754	185.56	18927.12	234.379	234.880
	D20	20.29	10.11	3.929	80.277	186.94	19067.88	237.526	
	D21	20.29	10.11	3.926	80.277	183.17	18683.34	232.736	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra las resistencias promedias en días, (7 días 150.965 kg/cm² de las probetas A1, A2 y A3), (14 días 194.421 kg/cm² de las probetas B7, B8 y B9), (21 días 216.093 kg/cm² de las probetas C13, C14 y C15) y (28 días 1234.880 kg/cm² de las probetas D19, D20 y D21) datos obtenidos en laboratorio, sin refuerzo expuestas al fuego y sometidos a compresión.

Tabla 36 Resistencia de la probeta sin refuerzo en días no expuesta al fuego con un $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a tracción por compresión diametral.

EDAD (DIAS)	PROBETA	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM ²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM ²)
28	A4	20.29	10.10	3.907	80.118	86.65	8838.30	27.457	27.901
	A5	20.30	10.12	3.927	80.436	88.41	9017.82	27.945	
	A6	20.28	10.11	3.937	80.277	89.36	9114.72	28.301	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra las resistencias promedias a los 28 días 27.901 kg/cm² de las probetas A4, A5 y A6 datos obtenidos en laboratorio, sin refuerzo expuestas al fuego y sometidos a tracción.

Tabla 37 Resistencia de la probeta con refuerzo en días no expuesta al fuego con un $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a compresión.

EDAD (DIAS)	PROBETA	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)
7	I1	20.29	10.11	3.888	80.277	134.37	13705.74	170.730	170.214
	I2	20.28	10.10	3.954	80.118	134.71	13740.42	171.501	
	I3	20.29	10.13	3.921	80.595	133.07	13573.14	168.412	
14	I4	20.28	10.12	3.964	80.436	171.09	17451.18	216.957	216.875
	I5	20.27	10.10	3.898	80.118	171.53	17496.06	218.378	
	I6	20.28	10.11	3.967	80.277	169.44	17282.88	215.290	
21	I7	20.29	10.12	3.952	80.436	191.96	19579.92	243.422	243.001
	I8	20.30	10.13	3.876	80.595	192.45	19629.90	243.562	
	I9	20.27	10.10	3.679	80.118	190.10	19390.20	242.019	
28	I10	20.26	10.09	3.933	79.960	208.65	21282.30	266.162	264.485
	I11	20.29	10.11	3.971	80.277	209.18	21336.36	265.784	
	I12	20.28	10.13	3.897	80.595	206.63	21076.26	261.508	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestra las resistencias promedias en días, (7 días 170.214 kg/cm² de las probetas I1, I2 y I3), (14 días 216.875 kg/cm² de las probetas I4, I5 y I6), (21 días 243.001 kg/cm² de las probetas I7, I8 y I9) y (28 días 264.485 kg/cm² de las probetas I10, I11 y I12) datos obtenidos en laboratorio, con refuerzo expuestas al fuego y sometidos a compresión.

Tabla 38 Resistencia de la probeta con refuerzo en días no expuesta al fuego con un $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a tracción por compresión diametral.

EDAD (DIAS)	PROBETA	ALTURA FINAL (CM)	DIAMETRO FINAL (CM)	PESO FINAL (KG)	SECCION (CM)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM2)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM2)
	I13	20.26	10.10	3.927	80.118	95.69	9760.38	30.366	
28	I14	20.28	10.12	3.884	80.436	96.25	9817.50	30.453	30.311
	I15	20.30	10.11	3.953	80.277	95.18	9708.36	30.115	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra las resistencias promedios a los 28 días 30.311 kg/cm^2 de las probetas I13, I14 y I15 datos obtenidos en laboratorio, con refuerzo expuestas al fuego y sometidos a tracción.

Tabla 39 Resumen de resistencia de la probeta patrón sin refuerzo en días no expuesta al fuego con un $f'c=210$ kg/cm².

Edad (Días)	Promedio de resistencia a compresión (kg/cm ²)
7	150.965
14	184.421
21	216.093
28	234.880

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestra el promedio de las resistencias en días de probetas cilíndricas sin refuerzo.

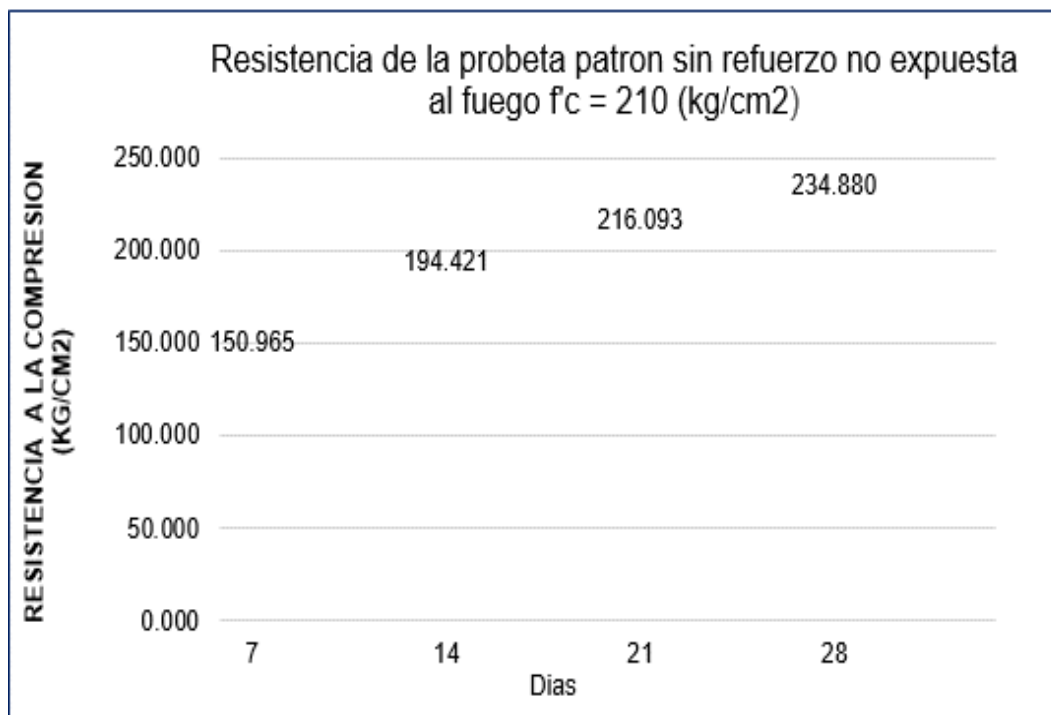


Figura 8 Resistencia de la probeta patrón sin refuerzo no expuesta al fuego.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura se muestra una creciente de resistencia sin refuerzo a los 28 días.

Tabla 40 Resumen de resistencia de la probeta patrón con refuerzo en días no expuesta al fuego con un $f'c=210$ kg/cm².

Edad (días)	Promedio de resistencia a la compresión (kg/cm ²)
7	170.214
14	216.875
21	243.001
28	264.485

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra el promedio de resistencia en días de las probetas cilíndricas con refuerzo.

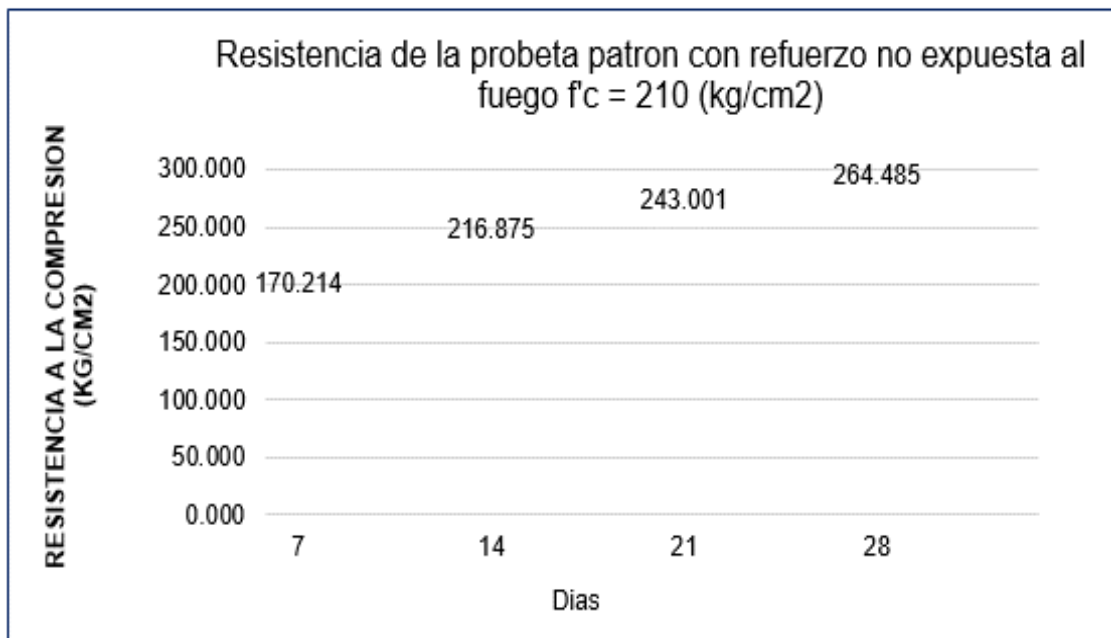


Figura 9 Resistencia de la probeta patrón con reforzado no expuesta al fuego.
Fuente: Elaboración propia

La figura muestra una creciente de resistencia patrón con refuerzo a los 28 días.

Tabla 41 Resumen de la resistencia a compresión sin refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm².

Grado de Exposición °c	Tiempo (min)	Promedio de resistencia a la compresión (kg/cm ²)
500	00:30	198.988
600	01:30	162.176
700	02:30	147.685
800	03:30	126.669

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra el descenso de la resistencia según el tiempo de exposición al fuego. De probetas sin refuerzo.

Tabla 42 Estadísticas del resumen de la resistencia a compresión sin refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm².

		Grado de exposición	Promedio de resistencia a la compresión (kg/cm ²)
N	Válido	4	4
	Perdidos	0	0
Media		650,00000	158,87950
Error estándar de la media		64,549722	15,227146
Mediana		650,00000	154,93050
Moda		500,000 ^a	126,669 ^a
Desv. Desviación		129,099445	30,454293
Varianza		16666,667	927,464
Asimetría		,000	,702
Error estándar de asimetría		1,014	1,014
Curtosis		-1,200	,761
Error estándar de curtosis		2,619	2,619
Rango		300,000	72,319
Mínimo		500,000	126,669
Máximo		800,000	198,988

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestra la media, mediana y la moda de la resistencia a compresión sin refuerzo.

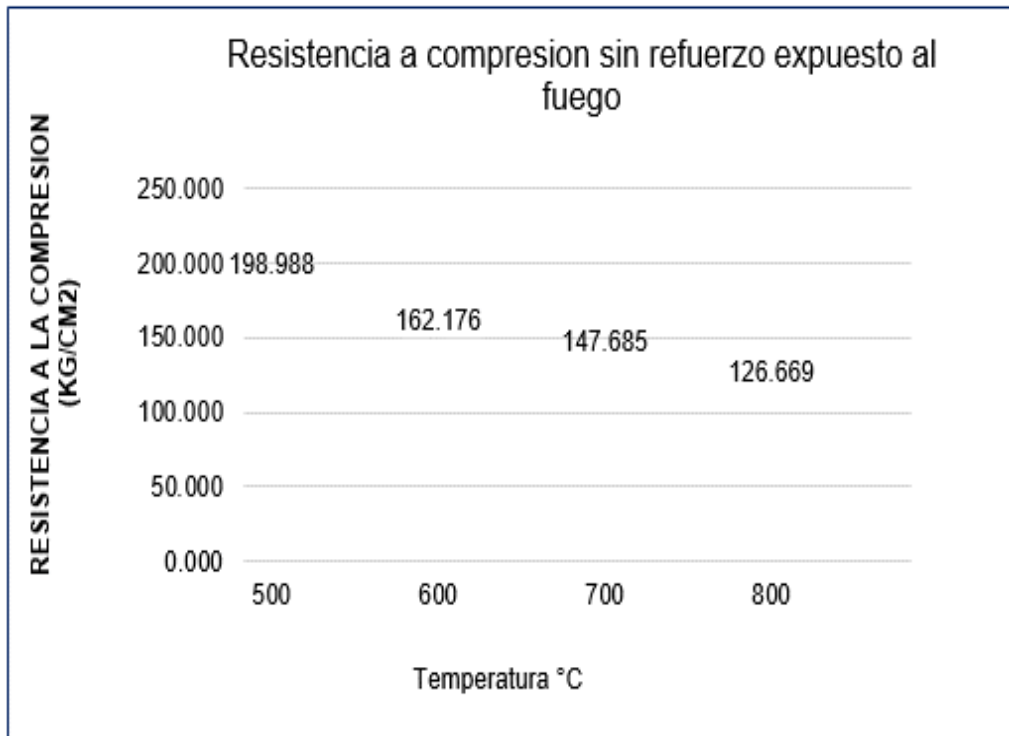


Figura 10 Resistencia a compresión sin refuerzo expuesta al fuego.
Fuente: Elaboración propia

La figura muestra cuando más elevado es la temperatura la resistencia de las probetas elaboradas en el laboratorio desciende más.

Tabla 43 Resumen de la resistencia a compresión con refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm².

Grado de Exposición °c	Tiempo (min)	Promedio de resistencia a la compresión (kg/cm ²)
500	00:30	242.843
600	01:30	197.970
700	02:30	187.041
800	03:30	152.896

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestra el descenso de la resistencia según el tiempo de exposición al fuego. De probetas con refuerzo.

Tabla 44 Estadísticas del resumen de resistencia a compresión con refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm².

		Grado de exposición	Promedio de resistencia a la compresión (kg/cm ²)
N	Válido	4	4
	Perdidos	0	0
Media		650,00000	195,18750
Error estándar de la media		64,549722	18,560095
Mediana		650,00000	192,50550
Moda		500,000 ^a	152,896 ^a
Desv. Desviación		129,099445	37,120190
Varianza		16666,667	1377,908
Asimetría		,000	,418
Error estándar de asimetría		1,014	1,014
Curtosis		-1,200	1,179
Error estándar de curtosis		2,619	2,619
Rango		300,000	89,947
Mínimo		500,000	152,896
Máximo		800,000	242,843

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra la media, mediana y la moda de la resistencia a compresión con refuerzo.

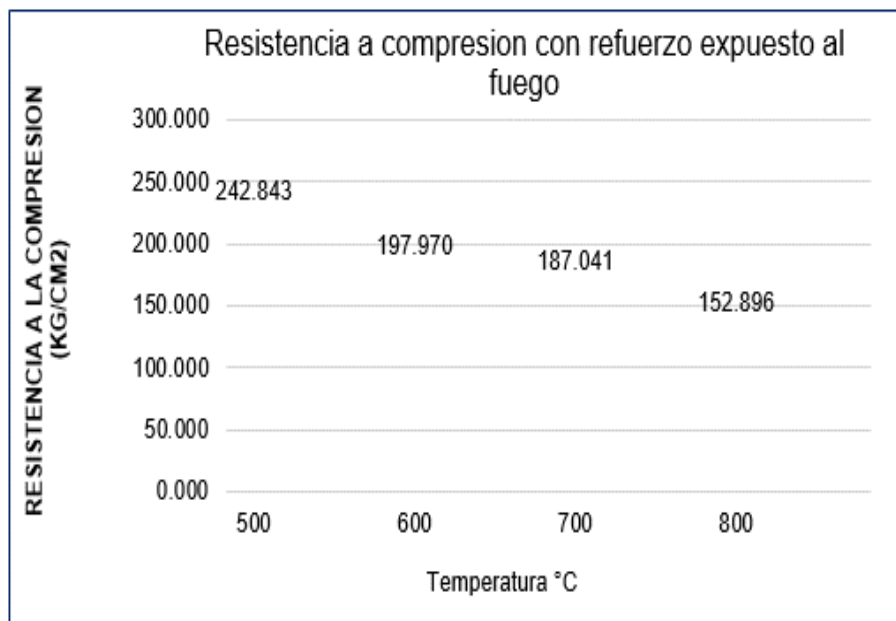


Figura 11 Resistencia a compresión con refuerzo expuesta al fuego.

Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra cuando más elevado es la temperatura la resistencia de las probetas elaboradas en el laboratorio desciende más.

Tabla 45 Resumen de resistencia a la tracción (diametral) sin refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm².

grado de exposición °C	tiempo (min)	promedio de resistencia a la tracción por compresión diametral (kg/cm ²)
AMBIENTE	28 DIAS	27.901
500	00:30	21.893
600	01:30	18.816
700	02:30	16.939
800	03:30	14.685

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra que la probeta sin exposición al fuego y curado por 28 días alcanza una resistencia mayor que las probetas sometidas al fuego.

Tabla 46 Estadísticas del resumen de resistencia a la tracción (diametral) sin refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm².

		promedio de resistencia a la tracción por compresión diametral (kg/cm ²)
N	Válido	5
	Perdidos	0
Media		20,04680
Error estándar de la media		2,291496
Mediana		18,81600
Moda		14,685 ^a
Desv. Desviación		5,123941
Varianza		26,255
Asimetría		,944
Error estándar de asimetría		,913
Curtosis		,594
Error estándar de curtosis		2,000
Rango		13,216
Mínimo		14,685
Máximo		27,901

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestra la media, mediana y la moda de las probetas a tracción diametral sin refuerzo expuesto al fuego.

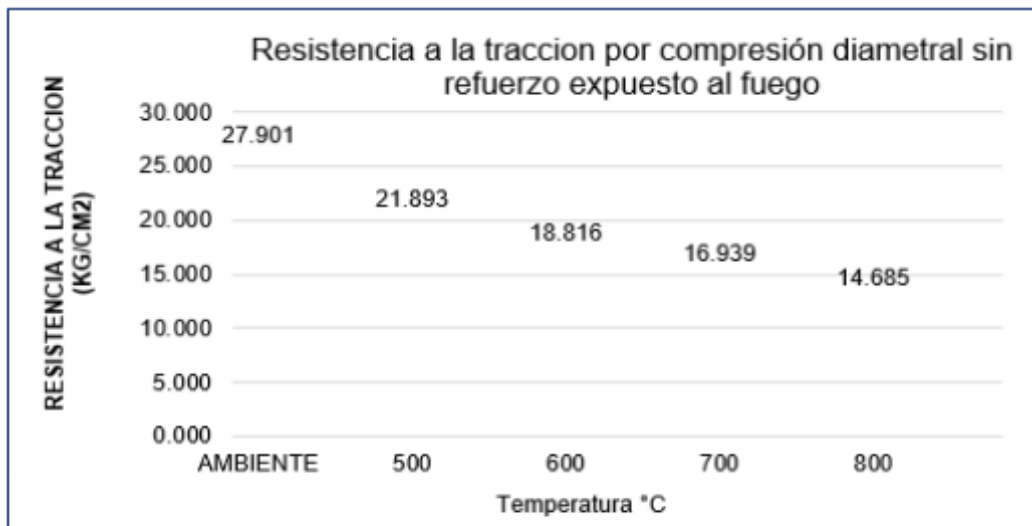


Figura 12 Resistencia a la tracción por compresión diametral sin refuerzo expuesta al fuego.

Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra que la probeta en ambiente sin exposición al fuego mantiene una resistencia elevada.

Tabla 47 Resumen de resistencia a la tracción (diametral) con refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm².

Grado de exposición °C	Tiempo (min)	Promedio de resistencia a la tracción por compresión diametral (kg/cm ²)
AMBIENTE	28 DIAS	30.311
500	00:30	28.546
600	01:30	21.639
700	02:30	20.141
800	03:30	17.602

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra que el concreto con refuerzo no expuestas al fuego su resistencia es mayor.

Tabla 48 Estadísticas del resumen de resistencia a la tracción (diametral) con refuerzo expuesto al fuego a los 28 días con un $f'c=210$ kg/cm².

		Promedio de resistencia a la tracción por compresión diametral (kg/cm ²)
N	Válido	5
	Perdidos	0
Media		23,64780
Error estándar de la media		2,462470
Mediana		21,63900
Moda		17,602 ^a
Desv. Desviación		5,506251
Varianza		30,319
Asimetría		,352
Error estándar de asimetría		,913
Curtosis		-2,492
Error estándar de curtosis		2,000
Rango		12,709
Mínimo		17,602
Máximo		30,311

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra la media, mediana y la moda de la resistencia a tracción diametral con refuerzo expuesto al fuego.

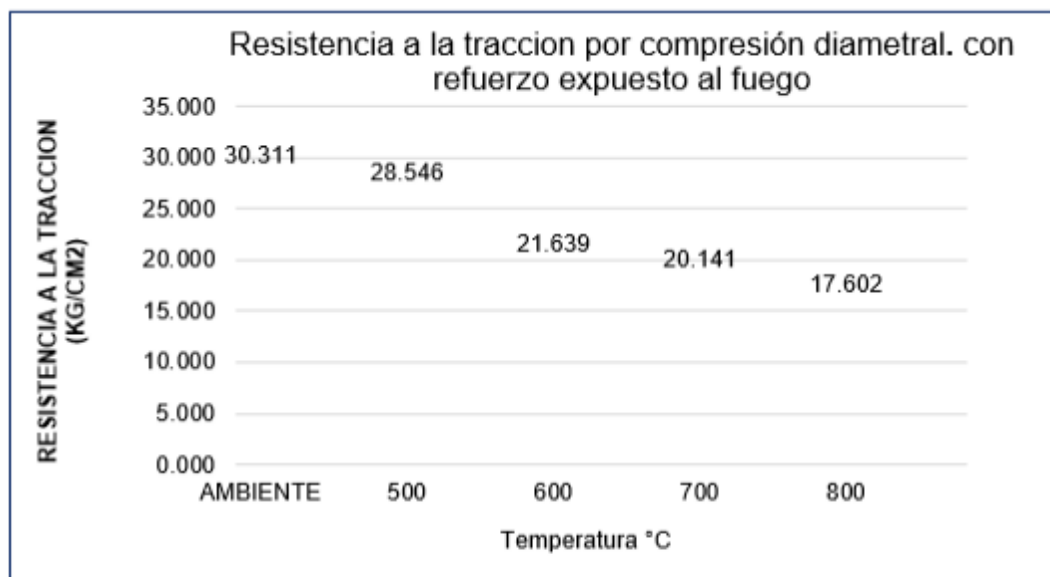


Figura 13 Resistencia a la tracción por compresión diametral con refuerzo expuesto al fuego.

Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra que el concreto reforzado con alambre n° 8 alcanza una resistencia mayor (temperatura ambiente), que las que fueron sometidas al fuego.

4.5. Resumen de Resistencias:

Tabla 49 Resumen de la fase incipiente a los 500 °C

Grados °C	Probetas	Compresión y tracción (Diametral)	Resistencia máxima 28 días (kg/cm ²)	% de reducción del f _c	Resistencia ultima promedio (kg/cm ²)
500 °C	Sin refuerzo	Compresión	234.880	15.28	198.988
500 °C	Sin refuerzo	tracción (Diametral)	27.901	21.53	21.893
500 °C	Con refuerzo	Compresión	264.485	8.18	242.843
500 °C	Con refuerzo	tracción (Diametral)	30.311	5.82	28.546

Fuente: elaboración propia.

La tabla muestra la reducción de la resistencia ultimo promedio a Las probetas a los 500 °C. expuestas al fuego.

Tabla 50 Resumen de la fase de combustión libre a los 700 °C

Grados °C	Probetas	Compresión y tracción (Diametral)	Resistencia máxima 28 días (kg/cm ²)	% de reducción del f _c	Resistencia ultima promedio (kg/cm ²)
700 °C	Sin refuerzo	Compresión	234.880	37.12	147.685
700 °C	Sin refuerzo	tracción (Diametral)	27.901	39.28	16.939
700 °C	Con refuerzo	Compresión	264.485	29.28	187.041
700 °C	Con refuerzo	tracción (Diametral)	30.311	33.55	20.141

Fuente: elaboración propia.

La tabla muestra la reducción de la resistencia ultimo promedio a Las probetas a los 700 °C. expuestas al fuego.

Tabla 51 Resumen de la fase de combustión libre a los 800 °C

Grados °C	Probetas	Compresión y tracción (Diametral)	Resistencia máxima 28 días (kg/cm ²)	% de reducción del f'c	Resistencia ultima promedio (kg/cm ²)
800 °C	Sin refuerzo	Compresión	234.880	46.07	126.669
800 °C	Sin refuerzo	tracción (Diametral)	27.901	47.36	14.685
800 °C	Con refuerzo	Compresión	264.485	42.19	152.896
800 °C	Con refuerzo	tracción (Diametral)	30.311	41.92	17.602

Fuente: elaboración propia.

La tabla muestra la reducción de la resistencia ultimo promedio a Las probetas a los 800 °C. expuestas al fuego.

Tabla 52 Resumen de la fase latente a los 600 °C

Grados °C	Probetas	Compresión y tracción (Diametral)	Resistencia máxima 28 días (kg/cm ²)	% de reducción del f'c	Resistencia ultima promedio (kg/cm ²)
600 °C	Sin refuerzo	Compresión	234.880	30.95	162.176
600 °C	Sin refuerzo	tracción (Diametral)	27.901	32.56	18.816
600 °C	Con refuerzo	Compresión	264.485	25.15	197.970
600 °C	Con refuerzo	tracción (Diametral)	30.311	28.61	21.639

Fuente: elaboración propia.

La tabla muestra la reducción de la resistencia ultimo promedio a Las probetas a los 600 °C. expuestas al fuego.

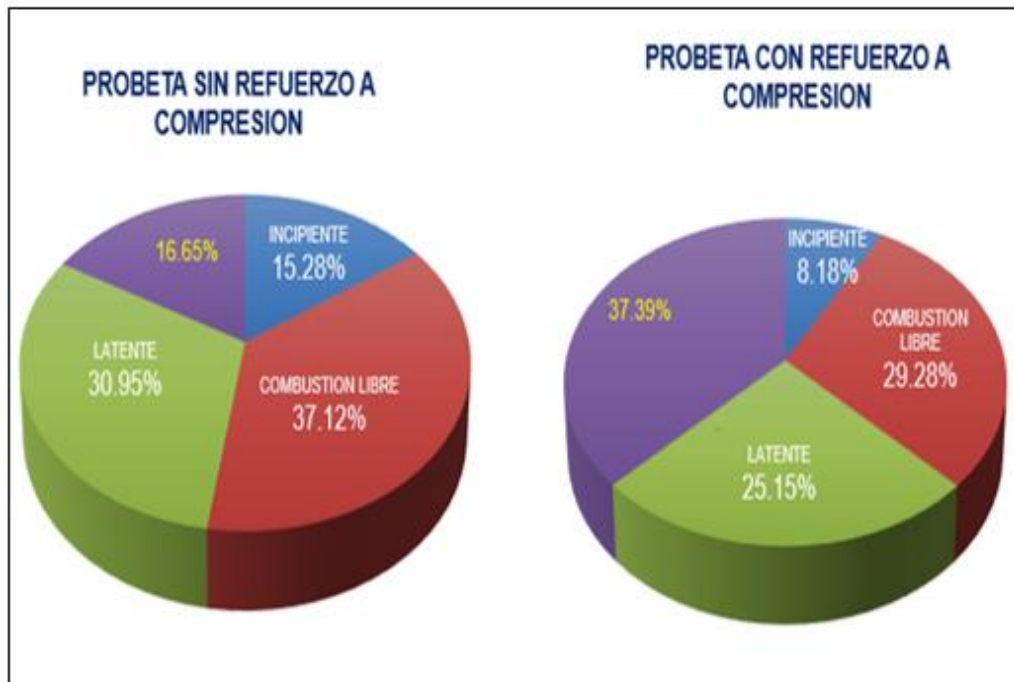


Grafico 1 Resistencia a compresión en sus tres fases.
Fuente: Elaboración propia.

El grafico 1 muestra la reducción de las resistencias promedios de las probetas sometidos al fuego de las tres fases a compresión.

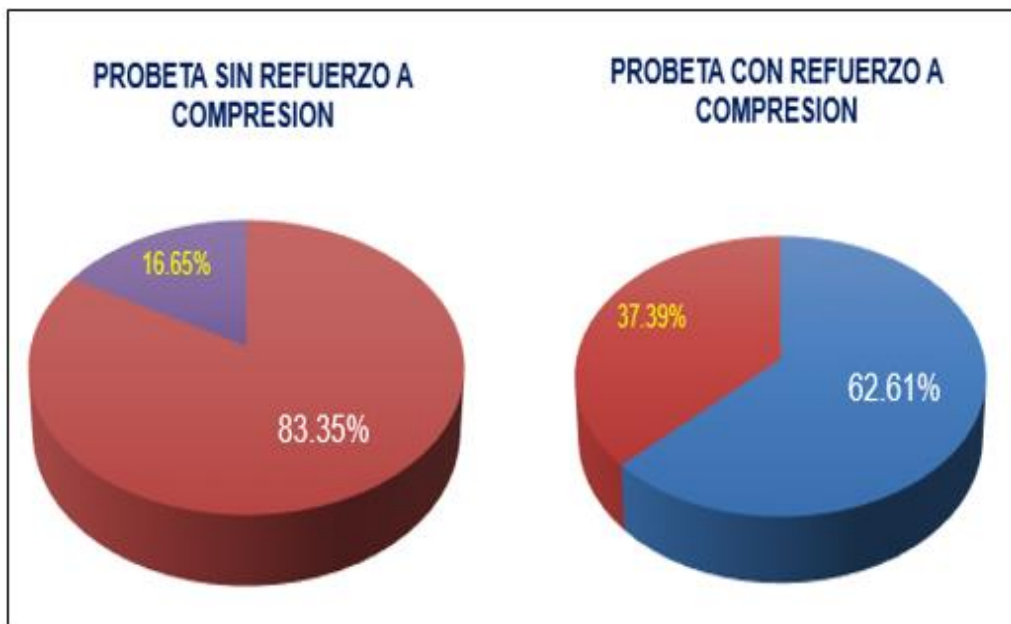


Grafico 2 Resistencia a compresión total significativo.
Fuente: Elaboración propia.

El grafico 2 muestra el porcentaje total de la reducción promedio de las resistencias a compresión sometidos al fuego.

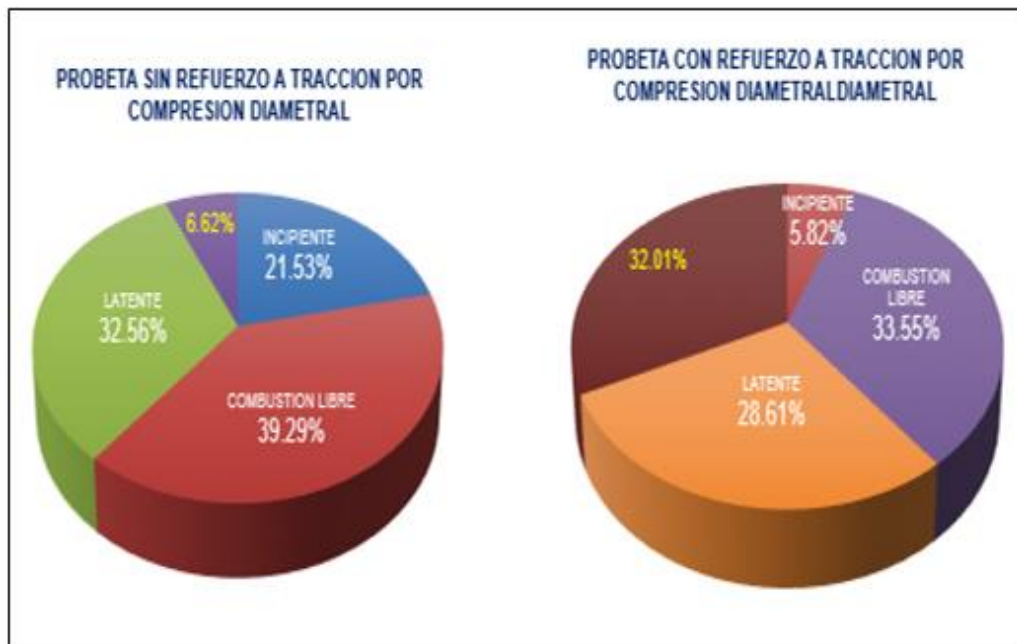


Grafico 3 Resistencia a tracción por compresión diametral en sus tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

El grafico 3 muestra la reducción de las resistencias promedios de las probetas sometidos al fuego de las tres fases a tracción por compresión diametral.

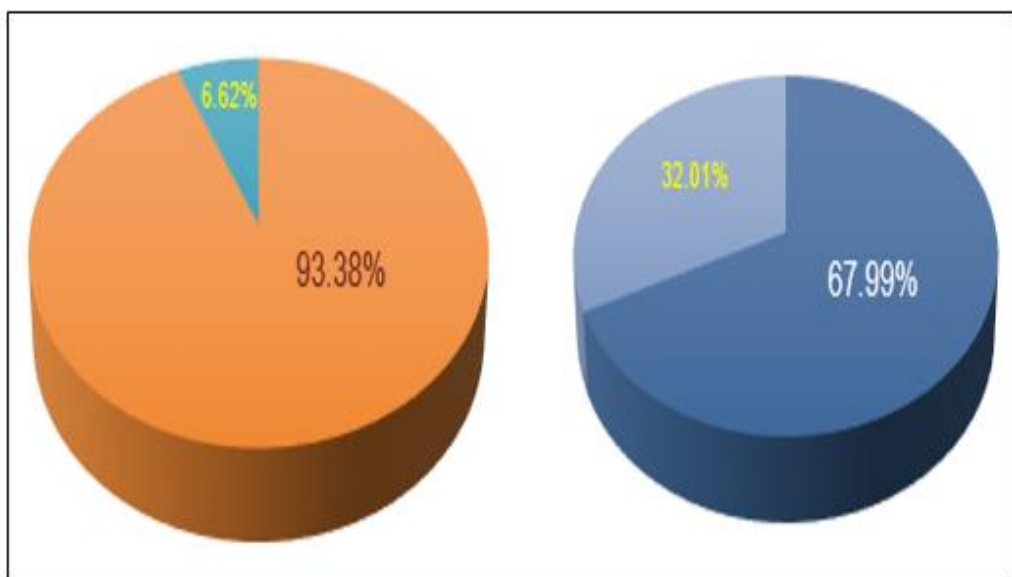


Grafico 4 Resistencia a tracción por compresión diametral total significativo.

Fuente: Elaboración propia.

El grafico 4 muestra el porcentaje total de la reducción promedio de las resistencias a tracción (compresión diametral).

4.6. Prueba de Hipótesis General

Los efectos del fuego por incendio son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad Huancayo - 2020.

❖ Datos de la Prueba de Hipótesis

- **Grados de libertad** : $gl = n-1$
- **Zona de aceptación**: 95%
- **Tabla T Student**: $t_c = 1.7396$
- **Alfa**: $\alpha = 5\% = 0.05$

❖ Formulación de la Hipótesis

$$\begin{array}{l} H_0: \mu \leq 1.73 \\ H_1: \mu > 1.73 \end{array}$$

- **H₀=Nunca**, los efectos del fuego por incendio son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020.
- **H₁=Siempre**, los efectos del fuego por incendio son significativos en el comportamiento del concreto del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020.

❖ Regla de Decisión:

- Se rechaza H_0 si: $t > t(1-\alpha), (n-1)$.
- Toma de decisión: $p < 5\% = 0.05$ se rechaza H_0 .

Calculo de p valor:

p-valor = 0.00 sin refuerzo

p-valor = 0.00 con refuerzo

Cálculo de “t”:

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

t = 4.73 Sin Refuerzo

t = 4.30 Con Refuerzo

Cálculo de tc:

t(1-α), (n-1)

tc = 1.73 Sin Refuerzo

tc = 1.73 Con Refuerzo

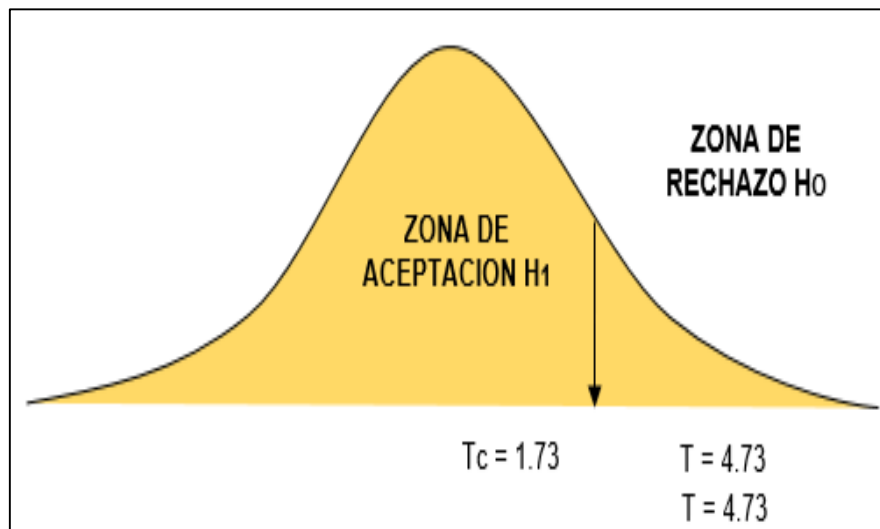


Gráfico 5 Campana de Gauss Hipótesis General.

Fuente: Elaboración propia.

Decisión:

t > t(1-α), (n-1)

4.73 > 1.73 Sin Refuerzo

4.30 > 1.73 Con Refuerzo

Interpretación:

Se acepta la H₁: “Siempre, los efectos del fuego por incendio son significativos en un (83.35 % sin refuerzo y 62.61 % con refuerzo) a compresión, (93.38 % sin refuerzo y 67.99 % con refuerzo) a tracción en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad Huancayo - 2020” **y se rechaza la H₀:** t > t(1-α), (n-1) y (p-valor = 0.000 < 0.05) sin refuerzo y (p-valor = 0.000 < 0.05) con refuerzo.

4.6.1. Prueba de la Hipótesis – Alternativa “A”

Los efectos del fuego de la fase incipiente del fuego son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales d edificios de la ciudad de Huancayo - 2020.

❖ Datos de la Prueba de Hipótesis

- **Grados de libetrad** : $gl = n-1$
- **Zona de aceptación**: 95%
- **Tabla T Student**: $t_c = 2.0150$
- **Alfa**: $\alpha = 5\% = 0.05$

❖ Formulación de la Hipótesis

$H_0: \mu \leq 2.01$ $H_1: \mu > 2.01$

- **H₀=Nunca**, los efectos de la fase incipiente del fuego son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020.
- **H₁=Siempre**, los efectos de la fase incipiente del fuego son significativos en el comportamiento del concreto del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020.

❖ Regla de Decisión:

- Se rechaza H_0 si: $t > t(1-\alpha), (n-1)$.
- Toma de decisión: $p < 5\% = 0.05$ se rechaza H_0 .

Calculo de p valor:

$p\text{-valor} = 0.012$ sin refuerzo

$p\text{-valor} = 0.02$ con refuerzo

Cálculo de “t”:

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

t = 3.13 Sin Refuerzo

t = 2.62 Con Refuerzo

Cálculo de tc:

t(1- α), (n-1)

tc = 2.01 Sin Refuerzo

tc = 2.01 Con Refuerzo

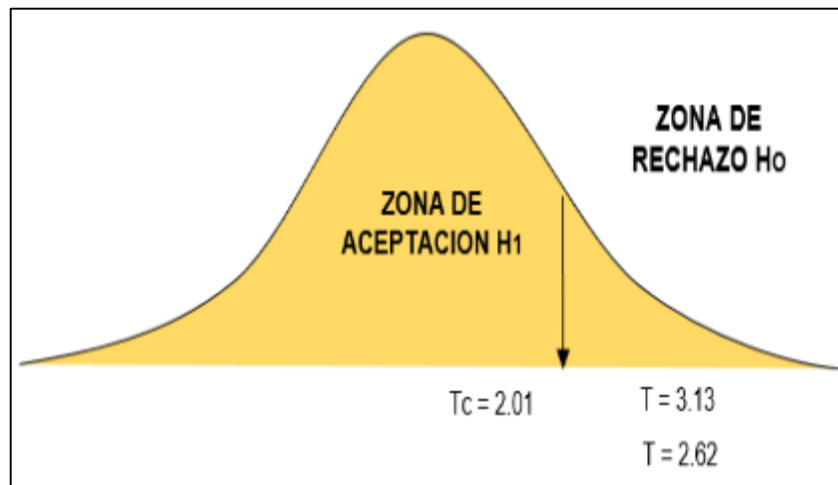


Gráfico 6 Campana de Gauss Hipótesis de la fase incipiente.

Fuente: Elaboración propia

Decisión:

t > t(1- α), (n-1)

3.13 > 2.01 Sin Refuerzo

2.62 > 2.01 Con Refuerzo

Interpretación:

Se acepta la H1: “Siempre, los efectos de la fase incipiente del fuego son significativos en un (15.28% sin refuerzo y 8.18% con refuerzo) a compresión, (21.53 % sin refuerzo y 5.82 % con refuerzo) a tracción en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020” **y se rechaza la Ho:** t > t(1- α), (n-1) y (p-valor = 0.012 < 0.05) sin refuerzo y (p-valor = 0.02 < 0.05) con refuerzo.

4.6.2. Prueba de la Hipótesis – Alternativa “B”

Los efectos del fuego de la fase de combustión libre del fuego son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales d edificios de la ciudad de Huancayo - 2020.

❖ Datos de la Prueba de Hipótesis

- **Grados de libetrad** : $gl = n-1$
- **Zona de aceptación**: 95%
- **Tabla T Student**: $t_c = 2.0150$
- **Alfa**: $\alpha = 5\% = 0.05$

❖ Formulación de la Hipótesis

$H_0: \mu \leq 2.01$ $H_1: \mu > 2.01$

- **H₀=Nunca**, los efectos de la fase de combustión libre del fuego son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020.
- **H₁=Siempre**, los efectos de la fase de combustión libre del fuego son significativos en el comportamiento del concreto del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020.

❖ Regla de Decisión:

- Se rechaza H_0 si: $t > t(1-\alpha), (n-1)$.
- Toma de decisión: $p < 5\% = 0.05$ se rechaza H_0 .

Calculo de p valor:

$p\text{-valor} = 0.017$ sin refuerzo

$p\text{-valor} = 0.016$ con refuerzo

Cálculo de “t”:

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

t = 2.87 Sin Refuerzo

t = 2.91 Con Refuerzo

Cálculo de tc:

t(1-α), (n-1)

tc = 2.01 Sin Refuerzo

tc = 2.01 Con Refuerzo

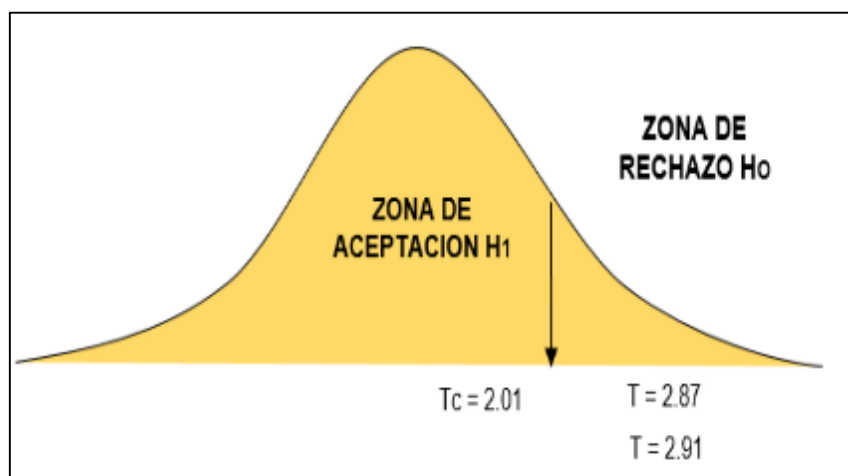


Gráfico 7 Campana de Gauss Hipótesis de la fase de combustión.
Fuente: Elaboración propia.

Decisión:

t > t(1-α), (n-1)

2.87 > 2.01 Sin Refuerzo

2.91 > 2.01 Con Refuerzo

Interpretación:

Se acepta la H1: “Siempre, los efectos de la fase de combustión libre del fuego son significativos en un (37.12% sin refuerzo y 29.28% con refuerzo) a compresión, (39.29 % sin refuerzo y 33.55 % con refuerzo) a tracción en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020” **y se rechaza la Ho:** t > t(1-α), (n-1) y (p-valor = 0.017 < 0.05) sin refuerzo y (p-valor = 0.016 < 0.05) con refuerzo.

4.6.3. Prueba de la Hipótesis – Alternativa “C”

Los efectos del fuego de la fase latente del fuego son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales d edificios de la ciudad de Huancayo - 2020.

❖ Datos de la Prueba de Hipótesis

- **Grados de libetrad** : $gl = n-1$
- **Zona de aceptación**: 95%
- **Tabla T Student**: $t_c = 2.0150$
- **Alfa**: $\alpha = 5\% = 0.05$

❖ Formulación de la Hipótesis

$H_0: \mu \leq 2.01$ $H_1: \mu > 2.01$

- **H₀=Nunca**, los efectos de la fase latente del fuego son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020.
- **H₁=Siempre**, los efectos de la fase latente del fuego son significativos en el comportamiento del concreto del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020.

❖ Regla de Decisión:

- Se rechaza H_0 si: $t > t(1-\alpha), (n-1)$.
- Toma de decisión: $p < 5\% = 0.05$ se rechaza H_0 .

Calculo de p valor:

p-valor = 0.017 sin refuerzo

p-valor = 0.016 con refuerzo

Cálculo de “t”:

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

t = 2.87 Sin Refuerzo

t = 2.90 Con Refuerzo

Cálculo de tc:

t(1-α), (n-1)

tc = 2.01 Sin Refuerzo

tc = 2.01 Con Refuerzo

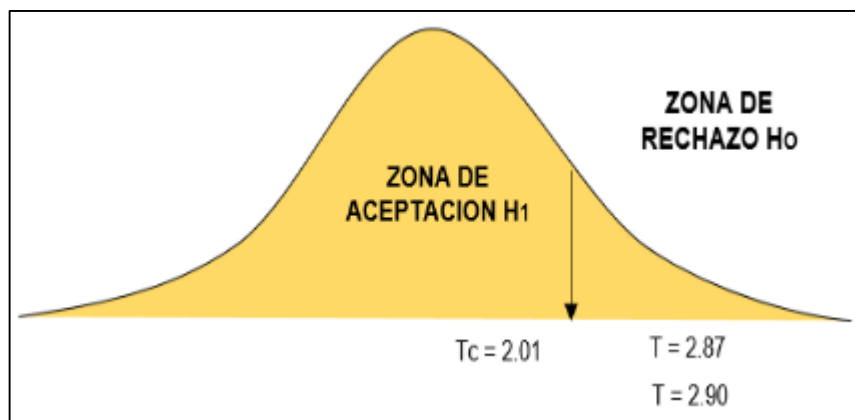


Grafico 8 Campana de Gauss Hipótesis de la fase latente.

Fuente: Elaboración propia.

Decisión:

t > t(1-α), (n-1)

2.87 > 2.01 Sin Refuerzo

2.90 > 2.01 Con Refuerzo

Interpretación:

Se acepta la H1: “Siempre, los efectos de la fase latente del fuego son significativos en un (30.95 % sin refuerzo y 25.15 % con refuerzo) a compresión, (32.56 % sin refuerzo y 28.61 % con refuerzo) a tracción en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020” **y se rechaza la Ho:** t > t(1-α), (n-1) y (p-valor = 0.017 < 0.05) sin refuerzo y (p-valor = 0.016 < 0.05) con refuerzo.

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

Las investigaciones realizadas por otros autores, mencionados en nuestro marco teórico: antecedentes internacionales y nacionales nos permitirán corroborar en los resultados obtenidos de cómo afecta significativamente el fuego al concreto armado en sus tres diferentes fases del fuego: fase incipiente, fase de combustión libre y la fase latente.

- En la tesis de Alvarado Aguirre Giovanni Josué (2016), en su investigación llego a la conclusión que el concreto actúa como aislante térmico de muy buenas características. Ello se halla con esta investigación.
Pero lo que no concuerda con este autor en su estudio, es que el menciona que las temperaturas son mayores son a partir de los 950 °C, y su estructura presenta modificaciones y alteraciones, mientras que está presente investigación toma en cuenta que las temperaturas mayores comienza a los 700 °C en la fase de combustión. Las edificaciones estructurales a esta temperatura dejan de ser seguras.

- En la tesis realizada por Flores Mondaca Yocelyn Ximena (2012), en su investigación nos menciona que no todos los elementos de una estructura expuesta a un incendio (fuego) se someten necesariamente a la misma temperatura, Ello se halla en esta investigación.
Mientras que en nuestra presente investigación las probetas de concreto también solo algunas partes son más expuestas al fuego directo debido que el fuego flamea.

- En la investigación realizada por Alba Cruz Ana (2015), toma como referencia a los tiempos de exposición al fuego de 6 h, 24 h y 48 h, concluyendo en su investigación que no se aprecia efecto del tiempo de exposición a partir de las 24 horas de calentamiento sobre la energía de fractura, y que el tiempo de exposición solo se refleja a las probetas que no cuentan fibras de polipropileno. Mientras que en este estudio se tomaron los tiempos de 30 min, 90 min, 150 min y 210 min, siendo significativo el tiempo en muestra investigación en cuanto a mayor tiempo de exposición al fuego se podría dar el colapso de las edificaciones.
- En la tesis de Meza Calderón Erick Bryan (2019), en su investigación llego a la conclusión que en una hora de exposición al fuego las vigas de concreto armado, el acero de refuerzo no llego a estar descubierto, en esta presente investigación muestras probetas con refuerzo (alambre N°8), si llegaron al descubierto, pero en algunas muestras solamente, siendo que en estas partes las muestras estuvieron directo al fuego ocasionando el descascaramientos.
- Los estudios realizados por los autores Cobeña Talla Junior Y Janampa Corimanya Crhistian (2019), nos hacen referencia de su marco teórico las tres fases del fuego: incipiente, combustión y latente. Ello es acorde con lo que en esta investigación se pretende alcanzar también nos menciona que el cambio de temperatura bruscamente del concreto perjudica en su resistencia. Estando en esto también de acuerdo ya que en esta investigación se observó que el cambio de temperatura reduce la resistencia del concreto armado a compresión y tracción.
- En la investigación realizada por Oncoy Vázquez Jenny Noemí (2018), llego a la conclusión que, a partir de los 550 °C, las edificaciones por cambio brusco de temperatura dejan de ser seguras. pero en nuestra investigación tomando como referencia el Manual de Incendios Estructurales es nuestra primera fase a los 538 °C (incipiente o inicial).

CONCLUSIONES

- Respecto a las estimaciones interválicas de las medias poblacionales, de la evaluación se determinó que los efectos del fuego por incendio son significativos en un (83.35 % sin refuerzo y 62.61 % con refuerzo) a compresión y un (93.38 % sin refuerzo y 67.99 % con refuerzo) a tracción en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad Huancayo - 2020". Por lo tanto, se rechaza la H_0 , debido a que el valor : $t > t(1-\alpha), (n-1)$: $4.73 > 1.73$ sin refuerzo, $4.30 > 1.73$ con refuerzo de la Campana de Gauss y p-valor es menor que alfa ($\alpha=5\%$): (p-valor = $0.000 < 0.05$) sin refuerzo y (p-valor = $0.000 < 0.05$) con refuerzo.

Se estableció que la resistencia a compresión y tracción de cada uno de las probetas ensayados disminuye en función al tiempo y temperatura de un incendio (exposición al fuego).

- Respecto a la evaluación efectuado se llegó a determinar que los efectos de la fase incipiente del fuego son significativos en un (15.28% sin refuerzo y 8.18% con refuerzo) a compresión, y un (21.53 % sin refuerzo y 5.82 % con refuerzo) a tracción en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020". Por lo tanto, se rechaza la H_0 , debido a que el valor: $t > t(1-\alpha), (n-1)$: $3.13 > 2.01$ sin refuerzo, $2.62 > 2.01$ con refuerzo de la Campana de Gauss y p-valor es menor que alfa ($\alpha=5\%$): (p-valor = $0.012 < 0.05$) sin refuerzo y (p-valor = $0.023 < 0.05$) con refuerzo.

Se observó que el concreto armado va cambiando de tonalidad tomando un color gris natural, apareciendo pequeñas fisuras superficiales, debido a los cambios de las propiedades mecánicas del concreto.

- Respecto a la evaluación de las estimaciones interválicas de las medias poblacionales, se llegó a determinar los efectos de la fase de combustión

libre del fuego son significativos en un (37.12% sin refuerzo y 29.28% con refuerzo) a compresión, y un (39.29 % sin refuerzo y 33.55 % con refuerzo) a tracción en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020”. Por lo tanto, se rechaza la H_0 , debido a que el valor: $t > t(1-\alpha)$, $(n-1)$: $2.87 > 2.01$ sin refuerzo, $2.91 > 2.01$ con refuerzo de la Campana de Gauss y p-valor es menor que alfa ($\alpha=5\%$): (p-valor = $0.017 < 0.05$) sin refuerzo y (p-valor = $0.016 < 0.05$) con refuerzo.

Se observó que el concreto pierde masa, tomando un color gris claro debido al tiempo de exposición al fuego, en estas temperaturas pierden su resistencia las estructuras haciendo insegura su estabilidad.

- Respecto a la evaluación de los resultados se determinó que los efectos de la fase latente del fuego son significativos en un (30.95 % sin refuerzo y 25.15 % con refuerzo) a compresión, y un (32.56 % sin refuerzo y 28.61 % con refuerzo) a tracción en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020”. Por lo tanto, se rechaza la H_0 , debido a que el valor: $t > t(1-\alpha)$, $(n-1)$: $2.87 > 2.01$ sin refuerzo, $2.90 > 2.01$ con refuerzo de la Campana de Gauss y p-valor es menor que alfa ($\alpha=5\%$): (p-valor = $0.017 < 0.05$) sin refuerzo y (p-valor = $0.016 < 0.05$) con refuerzo.

Se observó pérdidas de masa por descascaramientos debido al Backdraft, y va cambiando de tonalidad tomando un color rojizo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar en cuenta los resultados obtenidos de la presente investigación, ya que nos muestra los daños y tiempos en caso de que los elementos estructurales de los edificios de la ciudad de Huancayo, sufran siniestros tales como son los incendios, y se tome en cuenta el tiempo que demorarían en llegar las unidades de bomberos del centro de la ciudad hasta el punto de ubicación de la edificación que necesita ser atendida por dicho siniestro.
- Utilizar los equipos de protección personal (EPP), adecuados en el laboratorio, los instrumentos que permitan el control y el manejo de las probetas cilíndricas expuestas al fuego durante el proceso de quemado de los especímenes cilíndricos. Es necesario controlar la reducción de la temperatura en los especímenes cilíndricos quemados.
- Se recomienda el uso de instrumentos o sistemas de quemado que permitan una expulsión de fuego de manera uniforme hacia todos los elementos, para poder simular un ambiente cerrado sometido a altas temperaturas.
- Implementar un proceso de enfriamiento de al menos 24 horas bajo cubierta, puesto que el material en el transcurso del quemado adquirió elevadas temperaturas lo que imposibilita su manipulación y posterior ensayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba, A. (2015). *Influencia del tiempo de exposición a altas temperaturas sobre el comportamiento en fractura de H.A.C. de alta resistencia reforzados con fibras*. (Tesis de pregrado). Universidad de Sevilla; Sevilla, España.
- Alvarado, G. (2016). *Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato; Ambato, Ecuador.
- Anero, M. (2007). *Técnicas de investigación de incendios*. (Tesis de posgrado). Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Burón, M. y Vega, L. (2007). Seguridad frente al fuego de las estructuras de hormigón. *Hormigón*. N° 899. ISSN: 0008-8919. p.p 44-51.
- Canovas, M. F. (1988). *Patología e Terapia do Concreto Armado*. Ed. PINI. São Paulo.
- Centro de entrenamiento móvil de incendios [CEMI]. (2012). Incendios estructurales. *CEMI*, 20-28.
- Chara, H. y Molina, F. (2017). *Influencia de la adición de nanosílice en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la ciudad de Arequipa*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín; Arequipa, Perú.
- Cobeñas, J. y Janampa, C. (2019). *Influencia del proceso de rehidratación de la resistencia del concreto reforzado con fibra de polipropileno por exposición al fuego*. (Tesis de pregrado). Universidad San Martín, Lima, Perú.
- Cruz, R. A. (2015.). Physical and Mechanical Characterization of Concrete Exposed to Elevated Temperatures by Using Ultrasonic Pulse Velocity. *Rev.fac.ing.univ. Antioquia*. Colombia.
- Flores, Y. (2012). *Estudio del comportamiento de estructuras durante un incendio usando como ejemplo el Edificio Emilio Pugín UACH Valdivia*. (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile; Valdivia, Chile.

- Garzón, M. (2010). *Investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón*. Seminario de Graduación, pp 47-58.
- Huincho, M. (2017). *Evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería; Lima, Perú.
- Mamlouk, M. S. y Zaniewski, J. P. (2006). *Materiales para la Ingeniería Civil*. España: Pearson Prentice Hall, pp. 293-310.
- Neville, A. M. (1997). *Propiedades do Concreto.2a Ed. PINI. São Paulo*.
- Ulloa, V. (2013). *Módulo de elasticidad del hormigón en base a su resistencia a la compresión de 21 Mpa, fabricado con materiales de la mina Villacrés, ubicada en el sector de la Península, cantón Ambato en la provincia de Tungurahua y cemento Holcim* (tesis de pregrado). Universidad Central, Ecuador.
- Cachi, M. y Espinoza, R. (2019). *Análisis comparativo de las propiedades físico mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical con un recubrimiento de 5 cm con referencia a un concreto patrón, sometida a variación de temperatura a 800 °C, 900 °C Y 1000 °C*. (Tesis de pregrado). Universidad Andina Del Cusco, Perú.
- Chauca, R. Y Cruz, C. (2014). *Evaluación del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a altas temperaturas*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Del Santa, Nuevo Chimbote – Perú.
- Meza, E. (2019). *Evaluación de Las propiedades mecánicas del concreto armado expuesto al fuego en intervalos de tiempos, Lambayeque. 2018* (tesis de pre grado). Universidad Señor de Sipan; Pimentel – Perú.
- Oncoy, J. (2018). *Comportamiento de la Resistencia del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ expuesto a cambios bruscos de temperaturas, debido a la extinción de un incendio*. Universidad Cesar Vallejo. Chiclayo – Perú.
- Cárdenas, C. (2015). *Análisis normativo y simulación del comportamiento en caso de incendio del edificio instituto de obras civiles, de la facultad de CS. de la ingeniería través del software de modelación FDS*. (tesis de pre grado). Universidad Austral De Chile.

ANEXOS

Anexo A: Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

EFECTOS DEL FUEGO POR INCENDIO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO ARMADO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE EDIFICIOS – HUANCAYO

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
<p>Problema General</p> <p>¿Cuáles son los efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Evaluar los efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>Los efectos del fuego por incendio son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020.</p>	<p>Variable 1:</p> <p>Fuego por Incendio</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fase Incipiente • Fase de Combustión libre • Fase Latente 	<p>Método: Científico (Borja, 2012)</p> <p>Tipo: Aplicada (Maya, 2014)</p> <p>Nivel: Explicativo (Hernandez,2014)</p> <p>Diseño: Experimental – Experimentos puros. (Borja, 2012)</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>a) ¿Cuáles son los efectos de la fase incipiente del fuego en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020?</p> <p>b) ¿Cuáles son los efectos de la fase de combustión libre del fuego en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020?</p> <p>c) ¿Cuáles son los efectos de la fase latente del fuego en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo - 2020?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>a) Evaluar los efectos de la fase incipiente del fuego en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020.</p> <p>b) Evaluar los efectos de la fase de combustión libre del fuego en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020.</p> <p>c) Evaluar los efectos de la fase latente del fuego en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>a) Los efectos de la fase incipiente del fuego son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020.</p> <p>b) Los efectos de la fase de combustión libre del fuego son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020.</p> <p>c) Los efectos de la fase latente del fuego son significativos en el comportamiento del concreto armado de los elementos estructurales de edificios de la ciudad de Huancayo – 2020.</p>	<p>Variable 2:</p> <p>Comportamiento del Concreto Armado</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la Compresión • Resistencia a la Tracción 	<p>Población:</p> <p>La población está conformada por 78 probetas de concreto de 4” x 8”, con un f’c=210 kg/cm². (Borja, 2012)</p> <p>Muestra:</p> <p>La muestra será igual al de la población por la cantidad de elementos, esto quiere decir que la muestra será censal.(Ramírez, 2007)</p>

Anexo B: Ensayos en Laboratorio

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 0209-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Juan Jose Conde Rojas
 Nombre de la tesis : Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios -
 Huancayo
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 02-09-20

Análisis granulométrico del agregado grueso

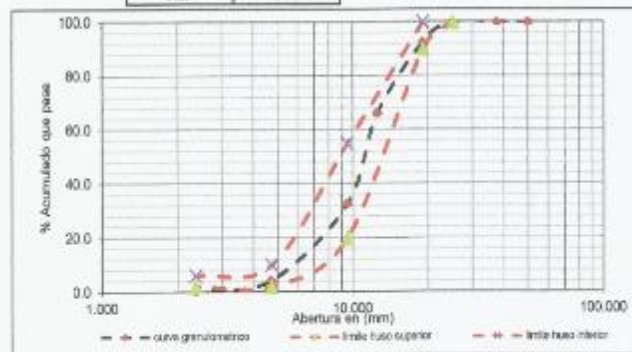
NTP 400.012

Piedra chameada de 3/4 pulgada

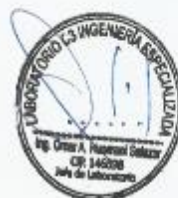
Conten : Pilcomayo - Huancayo

Malla	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa	Haso 67
				Límites Totales % acumulativo pasante
1 pulg	0.0	0.0	100.0	100
3/4 pulg	7.5	7.5	92.5	90 a 100
1/2 pulg	26.4	33.9	66.1	---
3/8 pulg	33.5	67.4	32.6	20 a 55
No. 4	28.1	95.7	4.3	0 a 10
No. 8	4.1	99.8	0.2	0 a 5
Fondo	0.2	100.0	0.0	

TM	1 pulg
TMN	3/4 pulg
M.F	6.70



M.F = Módulo de finura
 TM = Tamaño máximo
 TMN = Tamaño máximo nominal



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 0209-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Juan José Cendón Rojas
 Nombre de la tesis : Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios - Huancayo
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 02-09-20

Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados

NTP 400.017

Piedra chancada de 3/4 pulgada

Centro : Pilsomayo - Huancayo

I. Peso Unitario Suelto Seco - PUSS

Masa de la muestra suelta húmeda + masa del molde	(kg)	18.525	18.614	18.638
Masa del molde	(kg)	4.956	4.956	4.956
Masa de la muestra suelta húmeda	(kg)	13.569	13.658	13.682
Volumen del molde (1/3 l ³)	(m ³)	0.009439	0.009439	0.009439
Peso unitario suelta húmedo	(kg/m ³)	1448	1447	1450
Promedio peso unitario suelta húmedo	(kg/m ³)	1448		
Promedio peso unitario suelta seco	(kg/m ³)	1440		

II. Peso Unitario Compactado Seco - PUCS

Masa de la muestra compactada húmeda + masa del molde	(kg)	19.412	19.401	19.426
Masa del molde	(kg)	4.956	4.956	4.956
Masa de la muestra compactada húmeda	(kg)	14.456	14.445	14.470
Volumen del molde (1/3 l ³)	(m ³)	0.009439	0.009439	0.009439
Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1532	1530	1533
Promedio peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1532		
Promedio peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1523		



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 0209-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Juan José Cendón Rojas
 Nombre de la tesis : Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios - Huancayo
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 02-09-20

Método de ensayo normalizado para densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso

NTP 400.021

Piedra chancada de 3/4 pulgada

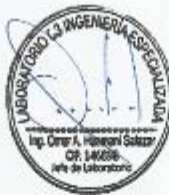
Cantón : Pílocomayo - Huancayo

I. Datos

1	Masa de la muestra secada al horno (A)	(g)	2965
2	Masa de la muestra saturada con superficie seca (B)	(g)	3000
3	Masa de la muestra saturada dentro del agua + masa de la canastilla dentro del agua	(g)	2853
4	Masa de la canastilla dentro del agua	(g)	972
5	Masa de la muestra saturada dentro del agua (C)	(g)	1881

II. Resultados

1	Masa específica [P.E.M. = A/(B-C)]	(g/cm^3)	2.65
2	Masa específica saturado superficialmente seco [P.E.M.S.S.S. = B/(B-C)]	(g/cm^3)	2.68
3	Masa específica aparente [P.E.A. = A/(A-C)]	(g/cm^3)	2.74
4	Porcentaje de absorción [(B-A)/A*100]		1.18



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 0209-2020
Nombre del tesista : Bach. Ing. Juan José Condar Rojas
Nombre de la tesis : Efecto de las marcas comerciales del cemento portland tipo I en la resistencia del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$,
Huancayo
Ubicación : Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 02-09-20

Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
NTP 339.185
Piedra chancada de 3/4 pulgada

Cantón : Pilcomayo - Huancayo

Masa de la muestra húmeda + masa de la tara	(g)	852.2
Masa de la muestra secada al horno + masa de la tara	(g)	848.1
Masa de la tara	(g)	84.7
Masa del agua	(g)	4.10
Contenido de Humedad	(%)	0.54



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

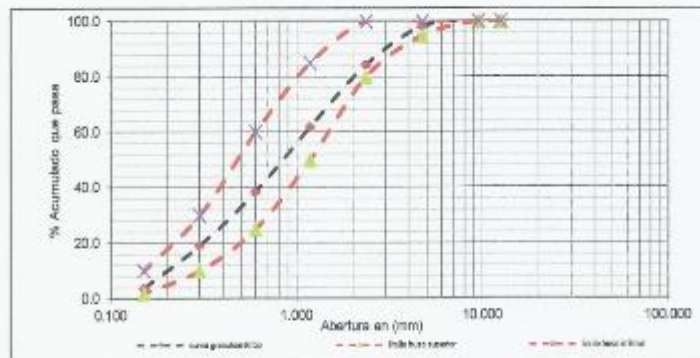
Expediente N° : 0209-2020
 Nombre del testista : Ing. Juan Jose Condor Rojas
 Nombre de la tesis : Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios - Huancayo
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 02-09-20

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO
 NTP 406.012
 Arena gruesa

Centena : Río Mantaro - Junín

Tamiz	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pase	Finco
				C
				Limites Totales % acumulativo pasante
3/4 pulg	0.0	0.0	100.0	100
1/2 pulg	0.0	0.0	100.0	100
3/8 pulg	0.0	0.0	100.0	100
No. 4	1.8	1.8	98.2	95 a 100
No. 8	13.9	15.7	84.3	80 a 100
No. 16	22.5	38.2	61.8	50 a 85
No. 30	23.4	61.6	38.4	25 a 60
No. 50	19.2	80.8	19.2	5 a 30
No. 100	13.5	96.3	3.7	0 a 10
Fondo	3.7	100.0		

M.F. : 2.94



M.F. = Módulo de finura



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 0209-2020
 Nombre del testista : Bosh Ing. Juan Jose Conder Rojas
 Nombre de la tesis : Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificio
 Huancayo
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 02-09-20

Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados
NTP 400.017
Arena gruesa

Cantera : Río Mantaro - Jaén

I. Peso Unitario Suelto Seco - PUSS

Masa de la muestra suelta húmeda + masa del molde	(kg)	6.385	6.374	6.391
Masa del molde	(kg)	1.597	1.597	1.597
Masa de la muestra suelta húmeda	(kg)	4.788	4.777	4.794
Volumen del molde (1/10 ft ³)	(m ³)	0.002832	0.002832	0.002832
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1691	1687	1693
Promedio peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1690		
Promedio peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1671		

II. Peso Unitario Compactado Seco - PUCS

Masa de la muestra compactada húmeda + masa del molde	(kg)	7.215	7.209	7.195
Masa del molde	(kg)	1.597	1.597	1.597
Masa de la muestra compactada húmeda	(kg)	5.618	5.612	5.598
Volumen del molde (1/10 ft ³)	(m ³)	0.002832	0.002832	0.002832
Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1984	1982	1977
Promedio peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1981		
Promedio peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1958		



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 0209-2020
 Nombre del resista : Hach. Ing. Juan Jose Condar Rojas
 Nombre de la tesis : Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios - Huancayo
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 02-09-20

Método de ensayo normalizado para densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino
 NTP 400.022
 Arena gruesa

Cantón : Río Matoro - Junín

I. Datos

1	Masa de la arena superficialmente seca + masa del balón + masa del agua	(g)	977.3
2	Masa de la arena superficialmente seca + masa del balón	(g)	662.5
3	Masa del agua (W = 1-2)	(g)	314.8
4	Masa de la arena secada al horno + masa del balón	(g)	656.3
5	Masa del balón	(g)	162.5
6	Masa de la arena secada al horno (A = 4-5)	(g)	493.8
7	Volumen del balón: V = 500 ml		500

II. Resultados

1	Masa específica [P.E.M. = A / (V - W)]	(g/cm ³)	2.67
2	Masa específica saturado superficialmente seco [P.R.M.S.S.S. = 500 / (V - W)]	(g/cm ³)	2.70
3	Masa específica aparente [P.R.A. = A / (V - W) - (500 - A)]	(g/cm ³)	2.76
4	Porcentaje de absorción [(500 - A) / A * 100]		1.26



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
CELULAR : 947899992
E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 0209-2020
Nombre del testata : Bach. Ing. Juan Jose Condor Rojas
Nombre de la tesis : Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios -
Huancayo
Ubicación : Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 02-09-20

Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

NTP 339.185

Arena gruesa

Cuencera: Río Mantaro - Junín

Masa de la muestra húmeda + masa de la tara	(g)	625.3
Masa de la muestra secada al horno + masa de la tara	(g)	618.8
Masa de la tara	(g)	94.3
Masa del agua	(g)	6.50
Contenido de Humedad	(%)	1.24



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Página 1 de 2

Expediente N° : 0209-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Juan José Condor Rojas
 Nombre de la tesis : Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios - Huancayo
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 02-09-20

DISEÑO DE MEZCLA ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Cemento : Andino Tipo I
 Peso específico : 3.15

AGREGADO FINO

Arena gruesa
 Río Mantaro - Inaja

NTP 400.022

Peso específico de masa : 2.67
 Peso específico de masa S.S.S. : 2.70
 Peso específico aparente : 2.76

NTP 400.017

Peso unitario suelto seco : 1671 kg/m^3
 Peso unitario compactado seco : 1958 kg/m^3

NTP 400.012

Malla	% Retenido	% Que pasa
3/8 pulg	0.0	100.0
No. 4	1.8	98.2
No. 8	13.9	84.3
No. 16	22.5	61.8
No. 30	23.4	38.4
No. 50	19.2	19.2
No. 100	15.5	3.7
Fondo	3.7	0.0

AGREGADO GRUESO

Piedra chatada de 3/4 pulgada
 Pilcomayo - Huancayo

NTP 400.022

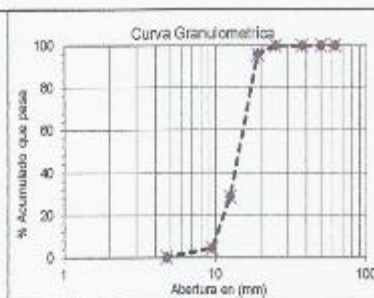
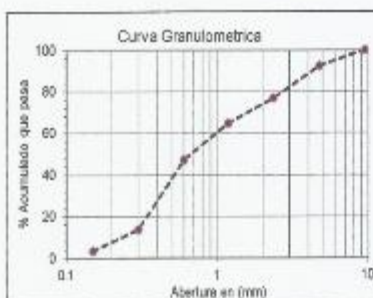
Peso específico de masa : 2.65
 Peso específico de masa S.S.S. : 2.68
 Peso específico aparente : 2.74

NTP 400.017

Peso unitario suelto seco : 1440 kg/m^3
 Peso unitario compactado seco : 1523 kg/m^3

NTP 400.012

Malla	% Retenido	% Que pasa
2 pulg	0.0	100.0
1 1/2 pulg	0.0	100.0
1 pulg	0.0	100.0
3/4 pulg	7.5	92.5
1/2 pulg	26.4	66.1
3/8 pulg	33.5	32.6
No. 4	28.3	4.3
No. 8	4.1	0.2
Fondo	0.2	0.0



Módulo de finas : 3.014
 % Porcentaje de absorción : 1.69
 % Contenido de humedad : 0.26

Tamaño máximo nominal : 3/4 pulg
 % Porcentaje de absorción : 0.98
 % Contenido de humedad : 1.38



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Página 2 de 2

Expediente N° : 0209-2020
Nombre del testista : Bach. Ing. Juan José Condor Rojas
Fecha de emisión : 02-09-20

DISEÑO DE MEZCLA ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Asentamiento - slump : 5 pulg
Factor de cemento : 8.9 bolsas de cemento/m³ de concreto
Relación agua - cemento de diseño : 0.538

PROPORCIÓN EN PESO

Cemento	1
Arena	2.13
Piedra	2.57
Agua	24.43 litros de agua/bolsa de cemento

PROPORCIÓN EN VOLUMEN

Cemento	1 bolsa de cemento
Arena	1.89 pie ³
Piedra	2.66 pie ³
Agua	24.43 litros de agua/bolsa de cemento

Cantidad de materiales secos por metro cúbico de concreto (Teórico)

: 2318 kg/m³

Agua	: 208 L Potable
Cemento	: 373 kg Andino Tipo I
Agregado fino	: 784 kg Río Mantaro - Jauja Arena gruesa
Agregado grueso	: 553 kg Filcomayo - Huancayo Piedra chancada de 3/4 pulgada

Cantidad de materiales por metro cúbico, corregidos por humedad y por peso unitario del concreto fresco

: 2365 kg/m³


Agua	: 217 L Potable
Cemento	: 377 kg Andino Tipo I
Agregado fino	: 803 kg Río Mantaro - Jauja Arena gruesa
Agregado grueso	: 569 kg Filcomayo - Huancayo Piedra chancada de 3/4 pulgada

OBSERVACIONES:

- * El muestreo e identificación son responsabilidad del solicitante.
- * En obra corregir por humedad.
- * Realizar tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.
- * El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPE GP-004:1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Humari Salazar

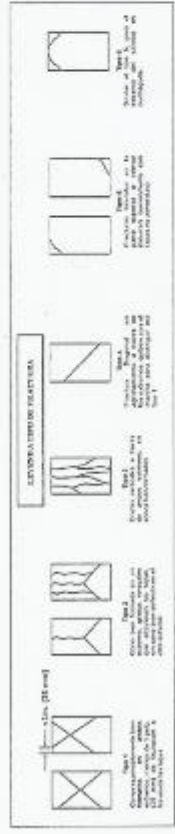


	INFORME DE ENSAYO		Código	C3-FOR-010
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		Versión	01
	NTP 339.034		Fecha	02-01-20
			Página	1 de 1


Expediente N° : 0210-2020
 Nombre del testa : Bach. Ing. Juan Jose Condar Rojas
 Nombre de la testa : Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios - Huancayo
 Ubicación : Huancayo - Junta
 Fecha de emisión : 02-10-20

Testigo N°	Identificación	Resistencia de diseño (kg/cm ²)	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Área de la sección real (mm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	% Obtención	Tipo de fractura	Indicador
1	Concreto de prueba	210	04-09-20	11-09-20	7	101.2	8043.6	139.30	14.9	151.5	72.2%	Tipo 2	No
2		210	04-09-20	11-09-20	7	101.3	8059.4	120.30	14.9	152.4	72.0%	Tipo 1	No
3		210	04-09-20	11-09-20	7	101.4	8075.4	117.96	14.8	149.0	71.0%	Tipo 3	No
4		210	04-09-20	18-09-20	14	101.2	8043.6	152.16	18.9	181.0	91.9%	Tipo 2	No
5		210	04-09-20	18-09-20	14	101.1	8027.7	151.20	19.1	184.8	92.7%	Tipo 1	No
6		210	04-09-20	18-09-20	14	101.2	8043.6	159.20	18.7	180.5	90.7%	Tipo 3	No
7		210	04-09-20	25-09-20	21	101.1	8027.7	170.72	21.3	216.9	103.3%	Tipo 2	No
8		210	04-09-20	25-09-20	21	101.2	8043.6	171.98	21.4	218.1	103.9%	Tipo 1	No
9		210	04-09-20	25-09-20	21	101.3	8059.5	168.52	20.9	213.3	101.6%	Tipo 3	No
10		210	04-09-20	02-10-20	28	101.4	8075.4	185.56	23.0	234.4	111.6%	Tipo 2	No
11		210	04-09-20	02-10-20	28	101.1	8027.7	186.04	23.3	237.5	113.1%	Tipo 1	No
12		210	04-09-20	02-10-20	28	101.1	8027.7	183.17	22.8	232.7	110.8%	Tipo 2	No

NOTAS:
 1) Este prelibro reproduce o modifica el informe de ensayo, total o parcialmente con la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras programadas por el solicitante.



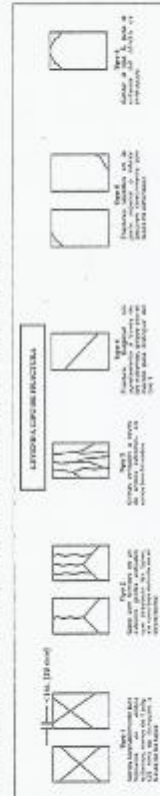
CI INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 Av. Los Polares N° 1000 - Callao - Huancayo - Junta
 Celular: 947-888005
 Email: labunkeia@ciingenieriaespecializada.com

	INFORME DE ENSAYO		Código	C3-FOR-010
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas NTP 339.034		Versión	01
			Fecha	02-01-20
			Página	1 de 1

Expediente N° : 0210-2020
 Nombre del testigo : Bach. Ing. Juan Jose Couder Rojas
 Nombre de la tesis : Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios - Huancayo
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 02-10-20

Testigo N°	Identificación	Grado de exposición en %	Resistencia de diseño (kg/cm ²)	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Área de la sección recta (mm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	% Omosido	Tipo de fractura	Defectos
1	Concreto de prueba	500	210	04-09-20	02-10-20	28	101.5	8091.4	157.73	19.5	198.8	94.3%	Tipo 2	No
2			210	04-09-20	02-10-20	28	101.5	8091.4	158.90	19.6	200.3	95.0%	Tipo 3	No
3			210	04-09-20	02-10-20	28	101.1	8027.7	155.69	19.4	197.8	94.2%	Tipo 1	No
4		600	210	04-09-20	02-10-20	28	101.2	8043.6	128.04	15.9	162.4	77.3%	Tipo 1	No
5			210	04-09-20	02-10-20	28	101.2	8043.6	128.99	16.0	163.6	77.9%	Tipo 2	No
6			210	04-09-20	02-10-20	28	101.7	8027.7	126.39	15.7	160.6	76.5%	Tipo 1	No
7		700	210	04-09-20	02-10-20	28	101.2	8043.6	116.50	14.3	148.2	70.6%	Tipo 1	No
8			210	04-09-20	02-10-20	28	101.2	8043.6	117.77	14.6	149.3	71.1%	Tipo 2	No
9			210	04-09-20	02-10-20	28	101.3	8091.4	115.40	14.3	145.5	69.3%	Tipo 1	No
10		800	210	04-09-20	02-10-20	28	101.5	8091.4	100.20	12.4	128.3	65.2%	Tipo 2	No
11			210	04-09-20	02-10-20	28	101.1	8027.7	100.65	12.6	128.3	63.1%	Tipo 3	No
12			210	04-09-20	02-10-20	28	101.2	8043.6	98.91	12.3	125.4	59.7%	Tipo 1	No

NOTAS:
 1) Esta probada reproducir e modificar el informe de ensayo, toda vez que el mismo no lo autorice el laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionalizadas por el solicitante.



CS INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 Av. Las Brisas N° 1100 - Chica - Huancayo - Junín
 Callam: 945-998992
 Email: laboratorioc3@ingenieriaespecializada.com

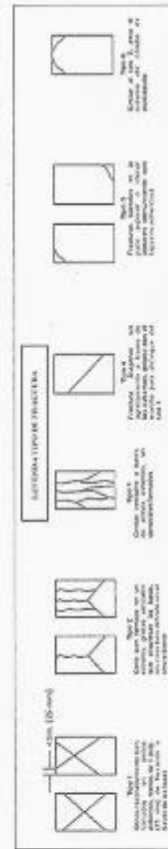
	INFORME DE ENSAYO		Código	C3-FOR-010
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		Versión	01
	NTP 339.034		Fecha	02-01-20
			Página	1 de 1

Expediente N° : 02-10-2020
 Nombre del testea : Basch, Ing. Juan José Conador Rojas
 Nombre de la tesis : Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios - Huancayo
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 02-10-20

Testigo N°	Identificación	Resistencia de diseño f_c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Díametro promedio (mm)	Área de la sección recta (mm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión f_c (kg/cm ²)	% Obtenido	Tipo de fractura	Defectos
1		210	04-09-20	11-09-20	7	101.1	8027.7	134.37	16.7	170.7	81.3%	Tipo 2	No
2		210	04-09-20	11-09-20	7	101.1	8027.7	134.71	16.8	171.2	81.5%	Tipo 1	No
3		210	04-09-20	11-09-20	7	101.2	8043.6	133.07	16.5	168.7	80.4%	Tipo 2	No
4		210	04-09-20	18-09-20	14	101.5	8091.4	171.09	21.1	215.7	102.7%	Tipo 2	No
5		210	04-09-20	18-09-20	14	101.5	8091.4	171.53	21.2	216.2	103.0%	Tipo 3	No
6	Comercio de gamba con refuerzo	210	04-09-20	18-09-20	14	101.1	8027.7	169.44	21.1	215.3	102.5%	Tipo 1	No
7		210	04-09-20	25-09-20	21	101.2	8043.6	191.96	23.9	243.4	115.9%	Tipo 3	No
8		210	04-09-20	25-09-20	21	101.2	8043.6	192.45	23.9	244.0	116.2%	Tipo 2	No
9		210	04-09-20	25-09-20	21	101.1	8027.7	190.10	23.7	241.5	115.0%	Tipo 1	No
10		210	04-09-20	02-10-20	28	101.4	8075.4	208.63	25.8	263.5	125.5%	Tipo 3	No
11		210	04-09-20	02-10-20	28	101.1	8027.7	209.18	26.1	265.8	126.6%	Tipo 1	No
12		210	04-09-20	02-10-20	28	101.1	8027.7	206.63	25.7	262.5	125.0%	Tipo 2	No

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 los especímenes proporcionalmente por el solicitante.



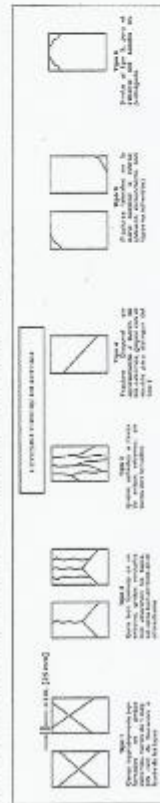
C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chica - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: laboratorioc3ingenieriaspecializadas.com

	INFORME DE ENSAYO		C3-FOR-010
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		Versión 01
	NTP 339.034		Fecha 02-01-20
			Página 1 de 1

Expediente N° : 02-10-2020
 Nombre del testado : Bach. Ing. Juan José Candilar Rojas
 Nombre de la tesis : Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificaciones - Huanuco
 Ubicación : Huanuco - Junín
 Fecha de emisión : 02-10-20

Temple N°	Identificación	Grado de exposición en °C	Resistencia de f _{co} (kg/cm ²)	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Díametro promedio (mm)	Área de la sección neta (cm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión f _{co} (kg/cm ²)	% Obtenida	Tipo de fractura	Defectos
1	Concreto de prueba con refuerzo	500	210	04-09-20	02-10-20	28	101.2	8091.4	191.96	23.7	242.0	113.2%	Tipo 2	No
2			210	04-09-20	02-10-20	28	101.5	8091.4	192.45	23.8	242.6	113.5%	Tipo 3	No
3			210	04-09-20	02-10-20	28	101.1	8027.7	190.10	23.7	241.5	113.0%	Tipo 1	No
4		600	210	04-09-20	02-10-20	28	101.2	8043.6	156.09	19.5	198.4	94.3%	Tipo 3	No
5			210	04-09-20	02-10-20	28	101.2	8043.6	156.89	19.5	198.9	94.7%	Tipo 2	No
6			210	04-09-20	02-10-20	28	101.1	8027.7	154.97	19.3	196.9	91.8%	Tipo 1	No
7		700	210	04-09-20	02-10-20	28	101.2	8043.6	148.14	18.1	187.9	89.3%	Tipo 3	No
8			210	04-09-20	02-10-20	28	101.2	8043.6	148.32	18.5	188.3	89.7%	Tipo 2	No
9			210	04-09-20	02-10-20	28	101.5	8091.4	146.71	18.1	184.9	88.1%	Tipo 1	No
10		800	210	04-09-20	02-10-20	28	101.5	8091.4	121.02	15.0	152.6	75.0%	Tipo 2	No
11			210	04-09-20	02-10-20	28	101.1	8027.7	121.32	15.1	154.2	74.4%	Tipo 3	No
12			210	04-09-20	02-10-20	28	101.2	8043.6	119.85	14.9	152.0	73.4%	Tipo 1	No

NOTAS:
 1) Está permitido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente en la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a los muestros proporcionados por el solicitante.



CI INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceres N° 1050 - Chimo - Huanuco - Junín
 Código: 947-898592
 Email: laboratorios@ciingenieriaespecializada.com

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 0210-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Juan Jose Condor Rojas
 Nombre de la tesis : Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios - Huancayo
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 02-10-20

Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral
NTP 339.084

Resistencia de diseño	Identificación	Grado de exposición en °C	Dimensiones en (mm)		Carga (kN)	Resistencia a la tracción diametral (kg/cm ²)	Promedio resistencia a la tracción diametral (kg/cm ²)
			Díámetro	Longitud			
f _c = 210 (kg/cm ²)	Concreto de prueba	Ambiente	100	200	86.65	28.1	28.6
			100	200	88.41	28.7	
			100	200	89.36	29.0	
		500	100	200	69.25	22.5	22.5
			100	200	68.29	22.2	
			100	200	70.14	22.8	
		600	100	200	59.25	19.2	19.3
			100	200	60.17	19.5	
			100	200	58.93	19.1	
		700	100	200	52.91	17.2	17.4
			100	200	53.62	17.4	
			100	200	54.19	17.6	
		800	100	200	46.61	15.1	15.0
			100	200	45.86	14.9	
			100	200	46.43	15.1	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 0210-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Juan Jose Conder Rojas
 Nombre de la tesis : Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios - Huancayo
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 02-10-20

Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral
NTP 339.084

Resistencia de diseño	Identificación	Grado de exposición en °C	Dimensiones en (mm)		Carga (kN)	Resistencia a la tracción diametral (kg/cm ²)	Promedio resistencia a la tracción diametral (kg/cm ²)
			Díámetro	Longitud			
f _c = 210 (kg/cm ²)	Concreto de prueba con refuerzo	Ambiente	100	200	95.69	31.1	31.1
			100	200	96.25	31.3	
			100	200	95.18	30.9	
		500	100	200	89.14	28.9	29.3
			100	200	90.25	29.3	
			100	200	91.41	29.7	
		600	100	200	67.48	21.9	22.2
			100	200	68.12	22.1	
			100	200	69.57	22.6	
		700	100	200	63.52	20.6	20.7
			100	200	64.85	21.1	
			100	200	62.95	20.4	
		800	100	200	36.25	18.3	18.1
			100	200	54.74	17.8	
			100	200	55.91	18.2	



Anexo C: Panel Fotográfico

El panel fotográfico registra momentos de la elaboración de la presente investigación “ensayos realizados en el laboratorio antes y después de haber sido sometido las probetas 4”x8” de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ al fuego, en las tres fases del incendio: fase incipiente o inicial, fase de combustión libre y fase latente llevada estas tres fases a temperaturas de 500°C, 600°C, 700°C y 800°C, con la finalidad de brindar información que un siniestro como el fuego puede ser significativo en las estructuras de edificaciones. Por ello se realizó la presente tesis “EFECTOS DEL FUEGO POR INCENDIO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO ARMADO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE EDIFICIOS - HUANCAYO”.

Bach. CONDOR ROJAS, Juan José



Elaboración del horno artesanal.



Ensayo de Slump.



Vaciado de las probetas



Curado de las probetas.



Resistencia a la compresión 28 días.



Resistencia a la tracción 28 días



Probetas expuestas al fuego.



Medición de la temperatura.



Probetas expuestas al fuego a los 500 °C.



Probetas expuestas al fuego a los 600 °C.



Probetas expuestas al fuego a los 700 °C.



Probetas expuestas al fuego a los 800 °C.



Probeta expuesta al fuego rotura a compresión.



Probetas expuestas al fuego a compresión.



Probetas expuestas al fuego a tracción diametral



Rotura de la probeta a tracción diametral

Anexo D: Instrumento de Precisión

FICHA TÉCNICA

PIROMETRO TERMOMETRO DIGITAL LASER -50 A 1850°C



El termómetro infrarrojo sin contacto se puede usar para medir la temperatura de la superficie de los objetos que no es adecuada para medir con un termómetro tradicional (como un objeto en movimiento, la superficie con corriente eléctrica o los objetos que no son fáciles de usar). El uso y cuidado adecuados de este medidor proporcionará años de servicio confiable.

DATO GENERAL

- Marca: Hytech
- Modelo: HT-6888
- Cod. Int.: 21400

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Pantalla LCD retro iluminada con indicadores de función.
 Tiempo de respuesta 100 ms
 Alarma de límite alto (HI)/bajo (LO)
 Memoria registrada 100 puntos
 Valores máx, mín, promedio, diferencial
 Temperatura de funcionamiento: 32 °F a 322 °F (0 °C a 50 °C)
 Humedad de funcionamiento: 10% a 90% de HR en funcionamiento;
 < 80% de almacenamiento de HR.
 Temperatura de almacenamiento: 14 a 140 °F (-10 a 60 °C)
 Fuente de alimentación: batería de 9V
 Apagado automático 7 segundos, con BLOQUEO para deshabilitar

ESPECIFICACIONES

Rango	-58°F - 3362 °F -50 °C 1850°C
Resolución	0.1°C (0.1°F) <1000°C, 1°C (1°F) > 1000°C
Exactitud	-58°F a -10°F (-50°C a -23°C) ± 34°F / 7°C (típico)
	-10°F a 28°F (-23°C a -2°C) ± 18°F / 4 °C
	28°F to 260°F (-2°C a 94°C) ± 4.5°F / 2.5°C
	200°F a 400°F (94°C a 204°C) ± (1.0% lectura + 2°F / 1°C)
	400°F a 800°F (204°C a 426°C) ± (1.5% lectura + 2°F / 1°C)
	800°F a 1832°F (426°C a 1000°C) ± (2% lectura + 2°F / 1°C)
Sensibilidad	0.10 a 1.00 ajustable
Campo de visión	D/S Aprox. Relación 50:1 (distancia D; S = punto o target)
Puntazo Laser	Láser de clase 2 < 1mW de potencia. La longitud de onda es de 630 a 670 nm.
Respuesta espectral IR	8 a 14 um (longitud de onda)
Repetibilidad	0.5% de lectura o ± 1.8°F (1°C), lo que sea mayor
Termómetro Termopar (Tipo K)	
Rango	-50 a 1170°C (-58°F a 2498°F)
Resolución	0.1°C (0.1°F) <1000°C, 1°C (1°F) > 1000°C
Precisión	- 50 a 1000°C (-58 a 1832°F) ±1.5% de lectura + 1°C (± 5°F)
	1000 a 1170°C (1832°F a 2498°F) ±1.5% de lectura + 2°C (± 3.6°F)



PESO Y TAMAÑO

- Tamaño: 260 * 155 * 54 mm
- Peso: 295 g (incluida la batería)

CONTENIDOS DEL PAQUETE

- 1 x Termómetro laser
- 1 x Termocupla tipo K
- 1 x Manual
- 1 x trípode
- 1 x Caja de embalaje de PP.

RPC : 992033492

Web: www.grupocym.pe Correo: comercial@grupocym.pe

Calle Los Álamos Mz. F2 Lote A8 Urb. Campoy - S/L

Anexo E: Compañía de Bomberos B-30 Huancayo

"Año de la Universalización de la Salud"

Huancayo, 12 de setiembre del 2020

OFICIO N° 031-2020 EXT. COBOPICIA, HUANCAYO N° 30

Señor
JUAN JOSE CONDOR ROJAS
Presente. -

Asunto: **Respuesta solicitud información técnica.**

Ref.: **SOLICITUD INFORMACIÓN TRABAJO DE INVESTIGACIÓN - TESIS**

Mediante el presente me dirijo a usted, con la finalidad de saludarlo cordialmente, en atención al pedido realizado mediante el documento de la referencia, detallamos la información.

1.- **Tiempo de llegada a incendios**, los tiempos de llegada están estimados entre 10 - 15 minutos de recepcionada la llamada a la central de emergencia, siempre y cuando contemos con personal realizando jornada de servicio al momento de la emergencia.

2.- **Últimos incendios en la ciudad**, por la temporada estacional estamos atendiendo incendios forestales en las zonas rurales de entorno de la ciudad, el último incendio de tipo estructural se ha producido el 08 de setiembre en la cuadra 8 de prolongación Centenario - Huancayo.

3.- **Reglas para llegar a incendios**

Al norte, se usa la calle Real, Av. Huancavelica, Av. Ferozcarri.

Al sur, se usa calle Real, Av. Huancavelica.

Al este, se usa Av. Giribet, Av. Centenario, Av. Carmel del Solar.

Al Oeste, se usa Jr. Loreto, Paseo La Breña, Av. Carrón.

Debido a las dimensiones de nuestra unidad contra incendios, no es recomendable usar vías de un solo carril por la dificultad de maniobra y el tránsito vehicular.

4.- **Estrategias de intervención**

- A la llegada al lugar de emergencia, se procede a evaluación integral de escena.

- Eliminación de riesgos energía eléctrica, deflagraciones, entre otros.

- Extinción de incendio, empleando técnicas de enfriamiento usando agua, remoción de combustible, en todo momento se prioriza el encapuchamiento y confinamiento a un solo punto de ataque.

- Finalmente se realiza la remoción de escombros, para terminar de extinguir fuegos ocultos o evitar brechas.

5.- **Temperatura**

Según la fase en la que se encuentre un incendio, el tipo de material combustible comprometido, la cantidad de material, el ambiente, la temperatura de un incendio puede alcanzar valores mayores a 500°C.

Atendiendo sus consultas, esperamos que las respuestas puedan aportar en el marco de su proceso de investigación.

Hago propia la oportunidad para expresarle mi especial consideración y estima personal.

Sin otro en particular quedo de usted.

Atentamente,



Captán CBP Juan José Condor Rojas
Comandante de Compañía

00000



Cuerpo General de Bomberos
Voluntarios del Perú
B-30 Huancayo