



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL
TESIS
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO
EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE
TIEMPOS, LAMBAYEQUE. 2018**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autor:

Meza Calderón Erick Bryan

Asesor:

Patazca Rojas Pedro Ramón

Línea de Investigación:

Ingeniería de Procesos

Pimentel – Perú

2019

TESIS-
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO
EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE
TIEMPOS, LAMBAYEQUE. 2018

Aprobación de tesis

Msc. Ing. Muñoz Pérez Sócrates Pedro
Presidente del jurado de tesis

Mg. Ing. Marín Bardales Noé Humberto
Secretario del jurado de tesis

Mg. Ing. Idrogo Pérez Cesar Antonio
Vocal del jurado de tesis

DEDICATORIA

A Dios, por darme la dicha de la vida, cuidarme, guiarme y darme las fuerzas necesarias para superar cualquier dificultad a lo largo de mi vida.

A mis queridos padres Henry y Rosario por su confianza, apoyo y motivación para seguir adelante y poder cumplir una de mis muchas metas trazadas.

A mis abuelos Guillermo y Carmen, que siempre me orientaron para ser una mejor persona y siempre están cuando los necesito.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradeciendo a la Universidad Señor de Sipán, por hacer posible mi formación profesional.

Al Msc. Ing. Noé Marín Bardales por ser guía a través de sus conocimientos metodológicos y en el campo estructural para la elaboración de la tesis.

Al encargado del laboratorio de Ensayo de Materiales, el técnico Wilson Aguilar, quien me orientó en la elaboración de los ensayos pertenecientes a la tesis.

RESUMEN

La presente investigación estudia el efecto sobre las propiedades mecánicas de un elemento de concreto armado expuesto directamente al fuego con resistencias $f'c=210\text{kg/cm}^2$, $f'c=245\text{kg/cm}^2$ y $f'c=280\text{kg/cm}^2$ y acero de refuerzo con un esfuerzo de fluencia $f_y=4200\text{kg/cm}^2$, para lo cual se realizó el diseño, elaboración y curado de 36 probetas cilíndricas de 6"x12" para la evaluación de la resistencia a compresión y 24 vigas de 12cmx16cmx50cm para la evaluación de la resistencia a flexión, en base a las propiedades de los agregados provenientes de la cantera Pátapo y el cemento utilizado (Mochica Tipo I). Se evaluó las propiedades del concreto fresco y además en estado endurecido fueron sometidos a una simulación de un incendio, los cuales se fueron retirando en los intervalos de 15, 30 y 60 minutos exponiéndolos durante rangos de temperaturas desde los 550°C hasta los 850°C, se registraron los datos en guías de observaciones elaboradas en el laboratorio de ensayo de materiales y concreto, obteniendo un mejor comportamiento a la compresión en las muestras cilíndricas con mayor $f'c$ y un mejor comportamiento a la flexión las vigas de concreto armado con menor $f'c$.

PALABRAS CLAVES: Concreto armado, fuego, resistencia, compresión, flexión.

ABSTRAC

The present investigation studies the effect on the mechanical properties of a reinforced concrete element exposed directly to fire with resistances $f'c=210\text{kg/cm}^2$, $f'c=245\text{kg/cm}^2$ and $f'c=280\text{kg/cm}^2$ and reinforcing steel with an effort of yield $f_y=4200\text{kg/cm}^2$, for which the design, elaboration and curing of 36 cylindrical test tubes of 6 "x12" for the evaluation of the compressive strength and 24 beams of 12cmx16cmx50cm for the evaluation of the resistance to flexion, based on the properties of the aggregates coming from the Pátapo quarry and the cement used (Mochica Type I). The properties of the fresh concrete were evaluated and also in the hardened state they were subjected to a simulation of a fire, which were removed in the intervals of 15, 30 and 60 minutes exposing them during temperature ranges from 550 ° C to 850 ° C, the data were recorded in observation guides prepared in the materials and concrete test laboratory, obtaining a better compression behavior in the specimens with higher $f'c$ and a better behavior to flex the samples with lower $f'c$.

KEYWORDS: Armed concrete, fire, resistance, compression, bending.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRAC.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática	14
1.1.1. A nivel internacional	14
1.1.2. A nivel nacional	15
1.1.3. A nivel local.....	16
1.2. Antecedentes de estudio	16
1.2.1. A nivel internacional	16
1.2.2. Nacional.....	18
1.2.3. Local	19
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	19
1.3.1. Variable Dependiente.....	19
1.3.2. Variable independiente.....	30
1.4. Formulación del Problema	31
1.5. Justificación e importancia del estudio	31
1.5.1. Justificación científica.....	31
1.5.2. Justificación social.....	31
1.5.3. Justificación económica	31
1.5.4. Justificación ambiental	32
1.6. Hipótesis.....	32
1.7. Objetivos	32
1.7.1. Objetivo General	32
1.7.2. Objetivos Específicos.....	32
CAPÍTULO II. MATERIAL Y MÉTODO.....	33
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	33
2.1.1. Tipo.....	33
2.1.2. Diseño	33
2.2. Población y muestra	33
2.2.1. Población.....	33

2.2.2.	Muestra	34
2.3.	Variables, Operacionalización	34
2.3.1.	Variables	34
2.3.2.	Operacionalización.....	35
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	38
2.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	38
2.4.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	38
2.5.	Procedimiento de análisis de datos	39
2.5.1.	Descripción de procesos	39
2.6.	Criterios éticos	57
2.7.	Criterios de rigor científico	57
2.7.1.	Validez interna.....	57
2.7.2.	Validez externa o transferibilidad	57
2.7.3.	Fiabilidad interna.....	57
2.7.4.	Objetividad	57
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....		58
3.1.	Resultados en tablas y figuras	58
3.1.1.	Propiedades de los componentes del diseño de mezcla	58
3.1.2.	Diseño de mezcla.....	62
3.1.3.	Diseño de viga de concreto armado	65
3.1.4.	Propiedades del concreto expuesto al fuego en intervalos de tiempo	66
3.2.	Discusión de Resultados.....	77
3.2.1.	Propiedades de los agregados.....	77
3.2.1.1.	Análisis granulométrico	77
3.2.1.2.	Peso unitario de los agregados	77
3.2.1.3.	Peso específico y absorción	77
3.2.1.4.	Abrasión de los Ángeles	77
3.2.2.	Diseño de mezcla.....	77
3.2.3.	Vigas de concreto armado	78
3.2.4.	Propiedades mecánicas	78
3.2.4.1.	Resistencia a la compresión.....	78
3.2.4.2.	Resistencia a la flexión	78
3.3.	Aporte práctico.....	79
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		80
4.1.	Conclusiones	80

4.2. Recomendaciones	81
REFERENCIAS	82
ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro estadístico de emergencias atendidas a nivel nacional-2018, según el tipo de emergencia.	15
Tabla 2: Límites granulométricos para el agregado fino	20
Tabla 3: Huso granulométrico para el agregado grueso.....	21
Tabla 4: Clasificación de los agregados por su densidad	22
Tabla 5: Valores máximos admisibles de las sustancias disueltas en el agua para diseño de mezcla	23
Tabla 6: Resistencia a la compresión promedio.	24
Tabla 7: Relación agua/cemento en función a la resistencia a la compresión promedio.	24
Tabla 8: Contenido de Agua	25
Tabla 9: Contenido de aire	25
Tabla 10: Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto	26
Tabla 11: Parámetros de la curva estándar tiempo - temperatura.....	28
Tabla 12: Coloración y daño del concreto expuesto a rangos de temperatura	30
Tabla 13: Variable Independiente	35
Tabla 14: Variable Interviniente	36
Tabla 15: Variable Dependiente.....	37
Tabla 16: Normas utilizadas para el análisis de documentos.....	38
Tabla 17: Contenido de Humedad del Agregado Fino	59
Tabla 18: Contenido de Humedad del Agregado Grueso	59
Tabla 19: Peso Unitario Suelto del Agregado Fino.....	60
Tabla 20: Peso Unitario Compactado del Agregado Fino	60
Tabla 21: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso.....	60
Tabla 22: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso	60
Tabla 23: Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino.....	61
Tabla 24: Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso	61
Tabla 25: Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso	61
Tabla 26: Datos técnicos de diseño de mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	62
Tabla 27: Dosificación para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	62
Tabla 28: Datos técnicos de diseño de mezcla de concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	63
Tabla 29: Dosificación $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	63
Tabla 30: Datos técnicos de diseño de mezcla de concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	64
Tabla 31: Dosificación $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Requerimientos de estribos en vigas.....	27
Figura 2 Curva tiempo- temperatura.....	29
Figura 3. Cuarteo del agregado fino.....	41
Figura 4: Tamices estandarizados para la granulometría de agregado fino para diseño de concreto	41
Figura 5: Peso del material retenido en el tamiz N°30	42
Figura 6. Cuarteo del agregado fino.....	42
Figura 7: Tamices estandarizados para la granulometría de agregado grueso para diseño de concreto.....	43
Figura 8: Peso del material retenido en el tamiz N°3/4”.....	43
Figura 9: Realización del peso unitario suelto del agregado fino.	44
Figura 10: Realización del peso unitario compactado del agregado fino.	45
Figura 11: Realización del peso unitario compactado del agregado grueso.	45
Figura 12: Peso del agregado grueso + molde.....	46
Figura 13: Realizando el secado superficial del agregado fino.....	47
Figura 14: Realización del ensayo de peso específico del agregado fino.	47
Figura 15: Agregado grueso superficialmente seco.....	48
Figura 16: Mallas establecidas para el ensayo de degradación del agregado grueso.....	49
Figura 17: Máquina de los ángeles.	49
Figura 18: Evaluación de la temperatura de la mezcla de concreto.....	50
Figura 19: Evaluación del asentamiento de la mezcla de concreto.....	51
Figura 20: Evaluación del peso unitario de la mezcla de concreto.....	51
Figura 21: Evaluación del contenido de aire atrapado en la mezcla de concreto.....	52
Figura 22: Elaboración de probetas cilíndricas $f'c=280\text{kg/cm}^2$	52
Figura 23: Elaboración de vigas de concreto armado	53
Figura 24: Horno artesanal utilizado para el ensayo de exposición al fuego.....	54
Figura 25: Equipos de medición de temperatura.	54
Figura 26: Exposición de las vigas de concreto armado al fuego.	55
Figura 27: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.	56
Figura 28: Ensayo de resistencia a la flexión del concreto con carga al centro de luz.	56
Figura 29. Curva Granulométrica del Agregado Fino.....	58
Figura 30. Curva Granulométrica del Agregado Grueso	59
Figura 31. Sección transversal de la viga.....	65
Figura 32. Vista longitudinal de la viga.....	65
Figura 33. Resistencia a la compresión para $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en función al tiempo de exposición. 66	66
Figura 34. Variación de la resistencia a la compresión para $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en porcentajes.....	66
Figura 35. Resistencia a la compresión para $f'c=245\text{kg/cm}^2$ en función al tiempo de exposición. 67	67
Figura 36. Variación de la resistencia a la compresión para $f'c=245\text{kg/cm}^2$ en porcentajes.....	67
Figura 37. Resistencia a la compresión para $f'c=280\text{kg/cm}^2$ en función al tiempo de exposición. 68	68
Figura 38. Variación de la resistencia a la compresión para $f'c=280\text{kg/cm}^2$ en porcentajes.....	69
Figura 39. Resistencia a la compresión tras ser expuesto al fuego durante intervalos de tiempo de diferentes concretos de diseño.....	70
Figura 40. Variación de la resistencia a la compresión tras ser expuesto al fuego durante intervalos de tiempo de diferentes concretos de diseño.	71
Figura 41. Módulo de rotura para $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en función al tiempo de exposición.....	72

Figura 42. Variación del módulo de rotura para $f^c=210\text{kg/cm}^2$ en porcentajes.....	72
Figura 43. Módulo de rotura para $f^c=245\text{kg/cm}^2$ en función al tiempo de exposición.....	73
Figura 44. Variación del módulo de rotura para $f^c=245\text{kg/cm}^2$ en porcentajes	73
Figura 45. Módulo de rotura para $f^c=280\text{kg/cm}^2$ en función al tiempo de exposición.....	74
Figura 46. Variación del módulo de rotura para $f^c=280\text{kg/cm}^2$ en porcentajes	75
Figura 47. Módulo de rotura tras ser expuesto al fuego durante intervalos de tiempo de diferentes concretos de diseño.	75
Figura 48. Variación del módulo de rotura tras ser expuesto al fuego durante intervalos de tiempo de diferentes concretos de diseño.....	76

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. A nivel internacional

(The Center of Fire Statistics, 2018) En el más reciente informe sobre las estadísticas de incendios a nivel mundial, basándose en un estudio realizado a 39 países con registros desde 1993 hasta el 2016, se han registrado un promedio 3.7 millones de incendios por año, entre los cuales Estados Unidos con 1'342,000 y Francia con 285,661 incendios registrados en el 2016, son los países con mayor tasa de incendios. Con respecto a los incendios ocasionados en estructuras se registra un 35.5% del total, provocando la muerte de alrededor de 14,394 personas, siendo Rusia y Ucrania los países que presentan mayores porcentajes a nivel nacional. Estas estadísticas dejan claramente uno de los causantes de la tasa de mortalidad a nivel mundial.

Entre las causas de muerte y/o accidentes durante un incendio se debe a factores como intoxicación por humo, explosión de parte de los sistemas energéticos del edificio o de materias almacenadas y por el cedimiento brusco de elementos estructurales ya sea por sollicitaciones a flexión o compresión, tal como sucedió en Sao Paulo, Brasil.

“Un poderoso incendio destruyó un edificio de apartamentos de 26 plantas en Sao Paulo, Brasil, 160 bomberos acudieron a apagar las llamas, el incendio calcinó el edificio, en el que vivían 50 familias, entre los cuales hay al menos un muerto y un desaparecido, según los bomberos.” (CNN, 2018)

En otros países como el caso de Brasil pretenden estudiar el comportamiento del concreto estructural durante un incendio, para medidas de seguridad y rehabilitación de estructuras, en donde han llegado a delimitar la presencia de varios causantes que intervienen en el comportamiento mecánico del mismo. (A. de Souza & Moreno, 2010)

1.1.2. A nivel nacional

Entre los materiales de construcción se considera al concreto como el material que posee mayor resistencia a altas temperaturas, no obstante, mediante la exposición del concreto a fuertes temperaturas puede inducir alteraciones en las características tanto físicas como mecánicas, llevando así a la pérdida en la seguridad de la estructura, una vez expuesto a un evento de incendio, es necesario la evaluación de las estructuras afectadas, para saber si es posible la restauración de dicha estructura o no, como lo menciona (Diario Exitosa, 2018) “Los comerciantes que laboraban en el edificio Nicolini ubicado en las Malvinas, contrataron a una empresa para elaborar un estudio de factibilidad para decretar la posibilidad de reforzar la estructura o demoler”.

Diariamente el cuerpo general de bomberos atiende diferentes tipos de emergencias, entre las cuales registran durante el periodo enero-diciembre del 2018 un total de 13,729 incendios a nivel nacional, aumentando en un 13.33% de total de incendios registrados en el 2017 siendo un total de 12,114 incendios.

Tabla 1:

Cuadro estadístico de emergencias atendidas a nivel nacional-2018, según el tipo de emergencia.

ESTADISTICA DE EMERGENCIAS ATENDIDAS A NIVEL NACIONAL													
TIPO DE EMERGENCIA - 2018													
TIPO DE EMERGENCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Incendios	1272	1017	1070	946	882	845	1060	1208	1493	1282	1143	1511	13729
Fuga de gas licuado	547	476	543	549	468	479	481	517	501	570	540	584	6255
Emergencias medicas	5004	4681	5446	5150	5534	5264	6121	6004	5527	5438	4577	5527	64273
Rescates	395	351	429	358	326	435	399	392	374	354	321	411	4545
Derrame de productos	3	7	5	9	6	6	12	21	14	8	8	21	120
Corto circuito	248	213	241	241	243	225	244	233	233	209	196	256	2782
Servicios especiales	543	466	556	716	735	698	910	658	749	780	754	810	8375
Accidentes vehiculares	1267	1189	1347	1312	1306	1307	1377	1535	1435	1348	1280	1517	16220
Falsa alarma	287	282	284	276	255	233	244	280	291	277	238	263	3210
Otros	232	225	241	171	143	325	190	177	167	204	220	194	2489
TOTAL	9798	8907	10162	9728	9898	9817	11038	11025	10784	7811	9277	11094	121998

Fuente: Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú, 2018

1.1.3. A nivel local

Hoy en día, el material de mayor abundancia en construcción en edificaciones es el concreto armado, sus propiedades de resistencia frente al fuego permiten proteger vidas, a lo que anteriormente las construcciones no poseían estas características, como lo sucedido en 2006, (Paredes, 2006) “El 7 de Setiembre, amaneció con un evento que hasta hoy se recuerda, el palacio municipal de Chiclayo, fue víctima de un incendio, destrozando el segundo piso del edificio”.

Bien se sabe que no estamos exentos de este tipo de eventos, como lo ocurrido en el 2017, (Grupo El Comercio, 2017) “Incendio registrado en una vivienda ubicada en el distrito de José Leonardo Ortiz, dejando siete víctimas y otras diez heridas, el cual había sido originado por un cortocircuito y además el edificio era utilizado como almacén de colchones”. Lo cual nos hace reflexionar sobre el hecho de si dicha estructura no hubiera resistido tal exposición al fuego, cediendo y generando mayor número de víctimas.

1.2. Antecedentes de estudio

1.2.1. A nivel internacional

Alvarado (2016), de la universidad técnica de Ambato en su investigación titulada **“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL EXPUESTO AL FUEGO”**, bajo una investigación de tipo exploratorio, descriptivo y de laboratorio, cuyo problema es la falta de investigación sobre este evento a nivel nacional, teniendo como objetivo evaluar la influencia del fuego sobre un elemento de concreto armado.

Elaborando y clasificando muestras según el tiempo de exposición, haciendo uso de un horno de fundición y graduando las temperaturas entre los 750°C y 1050°C conforme aumentaba el tiempo de exposición, obtuvo como resultado la disminución de la resistencia a la flexión, además de observar la presencia de descascaramiento, grados de fisuramiento y alteraciones en el acero y cambio de coloración.

Concluyendo que, durante el calentamiento de elementos de concreto, aumenta el empuje interno del agua en los poros ocasionando alteraciones en su conducta, como es el caso de la oposición a la flexión que llegó a disminuir de acuerdo a la temperatura y el tiempo de exposición, llegando a producirse una falla de tipo explosiva en las muestras expuestas durante 3 horas.

Teniendo como relevancia que conforme aumenta el tiempo de exposición y la temperatura, aumenta la presión interna del agua, generando así las patologías observadas y debido a ello la disminución gradual de la resistencia a la flexión, dando a conocer que en los primeros 30min ocurre la mayor variación de resistencia entre tiempos de exposición.

Orozco (2006) en su tesis “**PATOLOGÍAS DEL CONCRETO**”, cuyo problema son los cambios físicos y mecánicos del concreto hidráulico por diferentes factores, plantea el objetivo de identificar los daños que se producen en el concreto hidráulico ocasionado por factores comunes como el clima, procedimientos de elaboración, materiales, corrosión, daños por fuego, etc.

Obteniendo como resultado una menor pérdida de la resistencia exponiendo el concreto a temperaturas por debajo de 300°C, pero entre los 300°C y los 600°C la resistencia a la fluencia del acero de refuerzo empieza a disminuir aproximadamente a la mitad, dependiendo del recubrimiento del mismo, además de existir en algunos casos notable deterioro del concreto al ser expuesto al fuego y en otros casos, no es tan evidente al inicio, lo cual comienza a notarse al transcurrir el tiempo.

Concluyendo que físicamente el concreto tras ser expuesto al fuego en temperaturas bajas puede parecer no afectado, pero sus propiedades mecánicas si son notorias con el tiempo.

Esta investigación tiene como relevancia sobre la importancia de realizar ensayos para determinar el grado de afectación del fuego hacia una estructura.

Flores & Reyes (2012) con su tesis “**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL MORTERO SOBRE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A COMPRESIÓN AL SOMETERLO AL FUEGO**”, bajo una investigación de tipo descriptiva, cuyo problema es la falta de soluciones para mejorar la oposición del concreto ante la exposición del fuego, cuyo propósito es estimar la oposición a la compresión del concreto revestido con una capa de mortero.

Elaborando probetas cilíndricas y revistiéndolas con mortero de espesores de 0.5cm y 1cm, mientras las exponía a una temperatura cercana a los 200°C exponiéndolos durante 30 minutos.

Se obtuvo resultados sobre que la resistencia entre concretos recubiertos presentan un mejor resultado que aquellos que se encuentran sin recubrimiento, además de demostrar

la baja conductividad térmica del concreto al tener diferentes temperaturas en el lado inferior y superior de la probeta cilíndrica.

Concluyendo que el uso de mortero como recubrimiento para un elemento de concreto apoya a la resistencia en su exposición al fuego

Teniendo como relevancia que aumentando el espesor de recubrimiento de un elemento estructural mejora su comportamiento ante eventos como incendios.

1.2.2. Nacional

Chauca & Cruz (2014) en su tesis “**EVALUACIÓN DEL CONCRETO F’C=210KG/CM² A ALTAS TEMPERATURAS**”, mediante una investigación cuasi-experimental cuya incógnita es la forma en la que actúa el concreto a compresión tras ser expuesto a una temperatura elevada durante un tiempo prolongado y con temperaturas graduables.

Bajo la exposición de especímenes en intervalos de 30min graduando la temperatura de los 500°C hasta los 800°C con relación de 50°C y luego ensayados a compresión.

Llegaron a la conclusión que la principal causa de la falla del concreto expuesto al fuego se debe a la acción de los componentes del concreto, ya sea la pérdida de humedad, la expansión del agregado, puesto que éstos generan cambios en la masa del concreto, afectando así a su comportamiento mecánico.

Esta investigación tiene relevancia puesto que nos muestra una disminución gradual de la resistencia a compresión tras ser expuesta al fuego en siete intervalos de tiempo.

Huincho (2017) mediante su investigación “**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS POR INCIDENCIA DEL FUEGO DIRECTO**”, mediante una investigación cuasi-experimental cuya problemática es el incremento de evento de incendios y su implicancia en daños que llegan a causar, por ello plantea evaluar la interacción del fuego directo en un concreto normal con diferentes relaciones de agua/cemento.

Realizando probetas cilíndricas de dos dimensiones distintas bajo las relaciones $a/c=0.60, 0.65$ y 0.70 , para someterlas al fuego durante intervalos de 1, 2 y 3 horas llegando a temperaturas entre los 300°C y 500°C, posteriormente ensayadas.

Observando una pérdida de masa, resistencia mecánica y del módulo elástico del concreto en función al tamaño y la relación a/c de la muestra.

Concluyendo que a mayor relación agua/cemento el concreto es más susceptible a perder resistencia al ser expuesto al fuego directo, además el tamaño de la muestra influye en pérdida de resistencia al ser expuestas al fuego.

Esta investigación tiene relevancia demostrando la influencia de la relación agua/cemento frente a este cambio de temperatura.

1.2.3. Local

Al día de hoy, a nivel local no se presentan estudios relacionados a la influencia de las altas temperaturas en el concreto armado, el siguiente estudio servirá como aporte para identificar de forma específica la influencia de un incendio en estructuras de concreto armado, para así se pueda establecer parámetros con fines de seguridad.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Variable Dependiente

1.3.1.1. *Concreto armado*

Abanto (2016) Denomina al concreto armado como la adición de una armadura de acero (refuerzo) hacia el concreto simple, diseñado bajo el concepto de que ambos elementos trabajen conjuntamente para soportar esfuerzos de tracción.

1.3.1.1.1. Concreto

El reglamento nacional de edificaciones, en adelante referido con las siglas RNE, define al concreto en la norma E-060 como la combinación de cemento, agregados (fino y grueso) y agua, al cual se le puede adicionar o no, aditivos.

A. Componentes del concreto

A.1. Cemento

NTP 334.001 (2001) El cemento Portland se proviene de desfragmentación de Clinker de Portland (silicato de calcio hidráulico adicionado con sulfato de calcio).

La NTP 334.090, clasifica al cemento Portland en 5 tipos:

- Tipo I: Para uso general que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- Tipo II: Para uso general y en construcciones expuestas a la acción moderada de los sulfatos o que requieren un calor de hidratación moderado.
- Tipo III: Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

A.2. Agregados

El agregado fino debe cumplir ciertas condiciones para encontrarse admisible para el diseño de mezcla, por ejemplo, el contenido de partículas en base al tamaño se encuentra dentro de rangos normados por la **NTP 400.037 (2000)**.

Tabla 2:

Límites granulométricos para el agregado fino

TAMIZ		% Que Pasa
(Pulg.)	(mm)	
3/8	9.50	100
N° 4	4.75	95 - 100
N° 8	2.36	80 - 100
N° 16	1.18	50 - 85
N° 30	0.60	25 - 60
N° 50	0.30	10 - 30
N° 100	0.15	0 - 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037:2002

El agregado a emplearse en el concreto debe encontrarse en un rango de peso unitario compactado de 1500 - 1700 kg/m³ y un peso específico de los agregados de 2.4 - 2.8 gr/cm³.

El módulo de fineza debe permanecer en un rango entre 2.30 a 3.10. **NTP 400.011 (2008)**

El agregado grueso, es aquel el cual es detenido en la malla 4,75 mm (N°4). **NTP 400.011 (2008)**

Igualmente cuenta con parámetros de huso granulométrico definidos por el tamaño máximo (T.M.) y tamaño máximo nominal (T.M.N.).

Tabla 3:

Huso granulométrico para el agregado grueso

USO	TAMAÑO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	
		4"	3 ½"	3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	¾"	N° 4	N° 8	N° 16	
1	3 ½" - 1 ½"	100	90 - 100		25 - 60		0 - 15		0 - 15						
2	2 ½" - 1 ½"			100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5						
3	2" - 1"				100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5					
357	2" - N° 4				100	95 - 100		35 - 70		0 - 30		0 - 5			
4	1 ½" - ¾"					100	90 - 100	20 - 55	0 - 15		0 - 5				
467	1" - N° 4					100	95 - 100		35 - 70		10 - 30	0 - 5			
5	1" - ½"						100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5				
56	1" - 3/8"						100	90 - 100	40 - 85	10 - 40	0 - 15	0 - 5			
(*) 57	1" - N° 4						100	95 - 100		25 - 60		1 - 10	0 - 5		
6	¾" - 3/8"							100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5			
67	½" - N° 4							100	90 - 100		20 - 55	0 - 10	0 - 5		
7	3/8" - N° 8								100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5		
8	1/2" - 3/8"									100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5	
89	N° 4 - N° 8									100	90 - 100	20 - 35	5 - 30	0 - 10	
9	N° 4 - N° 16										100	85 - 100	10 - 40	0 - 10	

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037:2002

El peso específico del agregado grueso no debe ser menor de 2.6 gr/cm³. (NTP 400.021, 2002)

Según el **RNE (2009)**, existen condiciones para el tamaño del agregado grueso, el cual no puede superar:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.
- 1/3 de la altura de la losa, de ser el caso.
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Tabla 4:

Clasificación de los agregados por su densidad

Agregados	Clasificación
AGREGADO LIVIANO	Uso en hormigón (concreto) aislante térmico. <ul style="list-style-type: none">• Grupo I: Agregados resultantes de productos expandidos, tales como perlitas o vermiculitas.• Grupo II: agregados resultantes de productos expandidos, calcinados o sinterizados, tales como escoria de altos hornos, arcillas, diatomitas, esquistos o pizarras y agregados preparados del procesamiento de materiales naturales, tales como pumitas, escorias o tufos.
	Uso en hormigón (concreto) estructural <ul style="list-style-type: none">• Tipo I: agregados resultantes de productos expandidos, paletizados o sinterizados, tales como escoria de altos hornos, arcillas diatomitas, esquistos o pizarras.• Tipo II: agregados resultantes del procesamiento de materiales naturales, tales como pumitas, escorias o tufos
	Uso en unidades de albañilería. <ul style="list-style-type: none">• Tipo I: agregados resultantes de productos expandidos, paletizados o sinterizados, tales como escoria de altos hornos, arcillas diatomitas, esquistos o pizarras.• Tipo II: agregados resultantes del procesamiento de materiales naturales, tales como pumitas, escorias o tufos• Tipo III: agregados resultantes de la combustión final de productos de carbón o coque
AGREGADO PESADO (hormigones para protección)	1. Agregados minerales naturales de alta densidad o alto contenido de agua: Barita, magnetita, hematina, ilmanita y serpentina. 2. Agregados sintéticos: acero, hierro, ferro fosforosos, fritas

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.011:2008

A.3. Agua

Cualquier agua que tenga como condiciones potabilidad, inodoro e insabora, es apta para el concreto, además de cumplir con estándares químicos. **NTP 339.088 (2014)**

Si se dudara de la calidad del agua a utilizarse en la preparación de la mezcla de concreto, es necesario comparar las propiedades químicas con valores admisibles de las sustancias existentes en el agua.

Tabla 5:

Valores máximos admisibles de las sustancias disueltas en el agua para diseño de mezcla

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

Fuente: Abanto Castillo, F. (2016). Tecnología del concreto (Teorías y Problemas).

A.4. Aditivos

Materiales utilizados en la preparación de concreto con la finalidad de mejorar sus propiedades.

B. Propiedades del concreto

B.1. Concreto fresco

Tiene como propiedades: La trabajabilidad, la consistencia, la homogeneidad, la fluidez, contenido de aire y el peso específico.

B.2. Concreto endurecido

Como material de construcción, posee resistencias mecánicas, durabilidad, módulo de elasticidad y su elevada resistencia al fuego y a la penetración del agua. (Abanto, 2016)

C. Diseño de mezcla

El Método del Comité 211 del American Concrete Institute (ACI) establece una serie de pasos y tablas a emplear para la elaboración de dosificación para 1m^3 de concreto con una resistencia específica, para ello es necesario tener en cuenta las propiedades de los agregados y la resistencia para la cual se diseña.

C.1. Pasos para elaborar el diseño de mezcla

- Establecer cantidad de agua por m³.
- Definir la relación agua/cemento.
- Cálculo de la cantidad de cemento.
- Estimación de porcentaje de aire por m³.
- Determinación del volumen de agregado grueso.
- Sumatoria de volúmenes parciales.
- Cálculo del volumen de arena.
- Cálculos de pesos parciales.
- Corrección por humedad.
- Diseño final.

C.2. Tablas utilizadas para el diseño de mezcla

Tabla 6:

Resistencia a la compresión promedio.

CÁLCULO DE RESISTENCIA PROMEDIO f'_{cr}			
≤ 210	f'_{c}	+	70
210 a 350	f'_{c}	+	84
≥ 350	f'_{c}	+	98

Fuente: ACI 211.1 - 91

La tabla 6 nos muestra la resistencia promedio resultante del diseño de mezcla cuando se desconoce el valor de la desviación estándar.

Tabla 7:

Relación agua/cemento en función a la resistencia a la compresión promedio.

		RELACIÓN AGUA/CEMENTO POR RESISTENCIA																	
f'_{cr}		100 a 150		150 a 200		200 a 250		250 a 300		300 a 350		350 a 400		400 a 450		450 a 500		500 a 550	
$R_{a/c}$	100	0.91	150	0.80	200	0.71	250	0.62	300	0.55	350	0.48	400	0.43	450	0.38	500	0.35	
	150	0.80	200	0.71	250	0.62	300	0.55	350	0.48	400	0.43	450	0.38	500	0.35	550	0.32	

Fuente: ACI 211.1 - 91

En la tabla 7, el ACI indica sobre las relaciones entre el agua y el cemento que debe tener el diseño de mezcla dependiendo la resistencia a la cual se desea obtener.

Tabla 8:
Contenido de Agua

AGUA			
T.M.N.	AGREGADO ANGULAR		
	1"- 2"	3"- 4"	6"- 7"
3/8"	212	227	250
1/2"	201	216	238
3/4"	189	204	227
1"	182	197	216
1 1/2"	170	185	204
2"	163	178	197
3"	151	167	182

Fuente: ACI 211.1 - 91

En la tabla 8 se indica el contenido de agua que se utilizará en el diseño de mezcla tomando en cuenta el T.M.N. de la piedra y el slump que se desea obtener.

Tabla 9:
Contenido de aire

AIRE	
T.M.N.	%
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	-
3"	-

Fuente: ACI 211.1 – 91

En la tabla 9 nos indica sobre el % de aire atrapado que se espera en un concreto sin aire incorporado, dependiendo del T.M.N.

Tabla 10:*Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto*

VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO												
T.M.N.	Módulo de fineza del agregado fino											
	2.40 a 2.60	2.60 a 2.80	2.80 a 3.00	3.00 a 3.20	3.20 a 3.40	3.40 a 3.60						
1 1/2"	2.40	0.76	2.60	0.74	2.80	0.72	3.00	0.70	3.20	0.68	3.40	0.66
	2.60	0.74	2.80	0.72	3.00	0.70	3.20	0.68	3.40	0.66	3.60	0.64
1"	2.40	0.71	2.60	0.69	2.80	0.67	3.00	0.65	3.00	0.63	3.40	0.61
	2.60	0.69	2.80	0.67	3.00	0.65	3.20	0.63	3.40	0.61	3.60	0.69
3/4"	2.40	0.66	2.60	0.64	2.80	0.62	3.00	0.60	3.20	0.58	3.40	0.56
	2.60	0.64	2.80	0.62	3.00	0.60	3.20	0.58	3.40	0.56	3.60	0.54
1/2"	2.40	0.59	2.60	0.57	2.80	0.55	3.00	0.53	3.20	0.51	3.40	0.49
	2.60	0.57	2.80	0.55	3.00	0.53	3.20	0.51	3.40	0.49	3.60	0.47
3/8"	2.40	0.50	2.60	0.48	2.80	0.46	3.00	0.44	3.20	0.42	3.40	0.40
	2.60	0.48	2.80	0.46	3.00	0.44	3.20	0.42	3.40	0.4	3.60	0.38

Fuente: ACI 211.1 – 91

En la tabla 10 se especifica el volumen del agregado, seco y compactado por unidad de volumen de concreto en relación al módulo de finura y T.M.N.

1.3.1.1.2. Refuerzo

El acero de refuerzo es aquel que permite que la estructura resista los esfuerzos provocados por cargas y cambios volumétricos.

A. Cuantía

Se denomina así al contenido de acero, relativo al área de la sección transversal de concreto. El R.N.E (E.060) establece el límite mínimo de cuantía para un elemento de concreto armado en base la resistencia del concreto y a la fluencia del acero

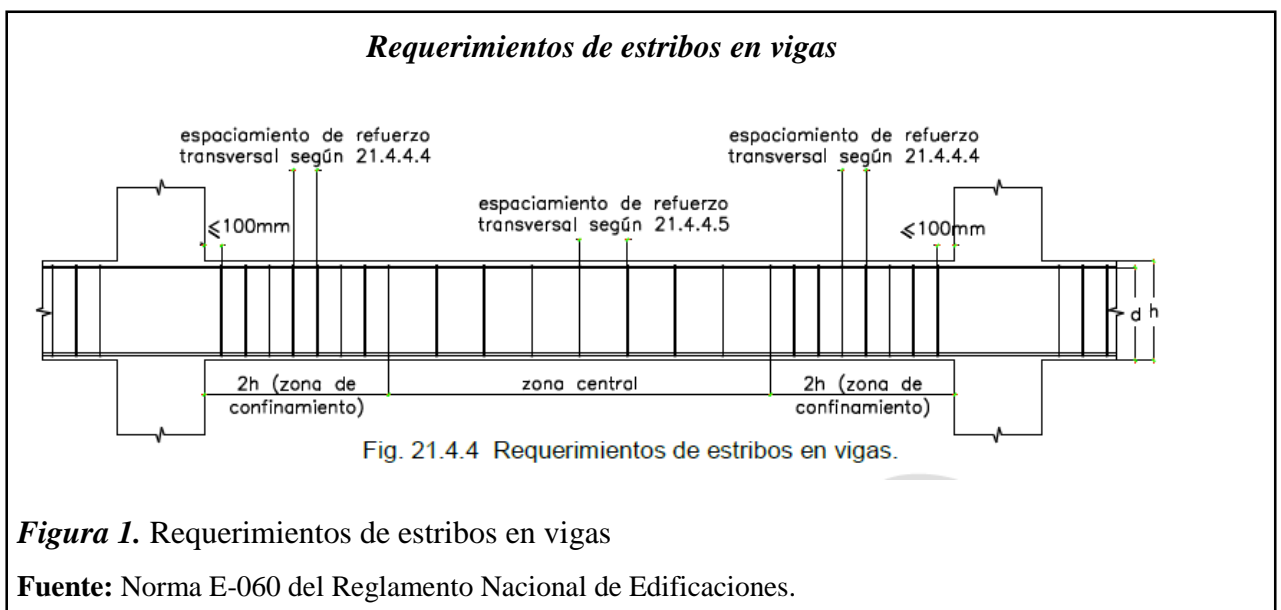
Si el contenido de acero es bajo, el acero desiste antes que el concreto alcance su máxima capacidad, provocando fallas a tensión.

Si se utiliza una cantidad de acero mayor a la necesaria, el concreto alcanza su capacidad máxima antes que desista el acero provocando fallas a compresión, recomendando así que el área de acero a tensión en vigas no exceda al 75% del área de acero balanceado.

B. Estribos

La norma E-060 del RNE describe en el artículo 21.4.4.4 establece los parámetros necesarios para la separación entre estribos para el diseño a flexión, indicando:

- El primer estribo de confinamiento debe ubicarse a 10cm de la cara del elemento de apoyo.
- El espaciamiento de estribos de confinamiento no debe ser menor a la cuarta parte del peralte del elemento.
- Tampoco debe exceder a diez veces el diámetro de la barra longitudinal de menor diámetro.
- No debe exceder a 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento.
- Ni debe exceder a 30cm.
- A lo largo de la longitud de los elementos, los estribos deben tener un espaciamiento no mayor de 50% del peralte efectivo del elemento.



1.3.1.2. *Exposición al fuego*

Una de los eventos más comunes donde el concreto armado se encuentra expuesto al fuego, es durante un incendio, la cual se le denomina así a la difusión del fuego que llamea de forma inesperada o provocada por la reacción exotérmica que involucra a un agente combustible (sólido, líquido o gaseoso), un agente oxidante (oxígeno atmosférico) y la existencia de una fuente de ignición. (Dem S.A., 2017)

Existen 4 fuentes de ignición, entre las cuales puede ser por energía química, donde la producción de calor se debe a las reacciones de oxidación de elementos combustible. A través de la circulación de una corriente generando energía calórica. Por fricción mecánica y por la fisión de núcleos atómicos. (Dem S.A., 2017)

La norma ASTM E 119-00A define uso parámetros de temperatura – tiempo para la realización de pruebas de fuego.

Tabla 11:

Parámetros de la curva estándar tiempo - temperatura

Temperatura (°C)	Tiempo
1000 ° F (538 ° C)	a los 5 min
1300 ° F (704 ° C)	a los 10 minutos
1550 ° F (843 ° C)	a 30 min
1700 ° F (927 ° C)	a 1 h
1850°F (1010°C)	a 2 h
2000°F (1093°C)	a 4 h
2300°F (1260°C)	a 8 h a más

Fuente: ASTM E119: Standard Test Methods for Fire Tests of Building.

Curva tiempo vs temperatura según la Norma ASTM E 119

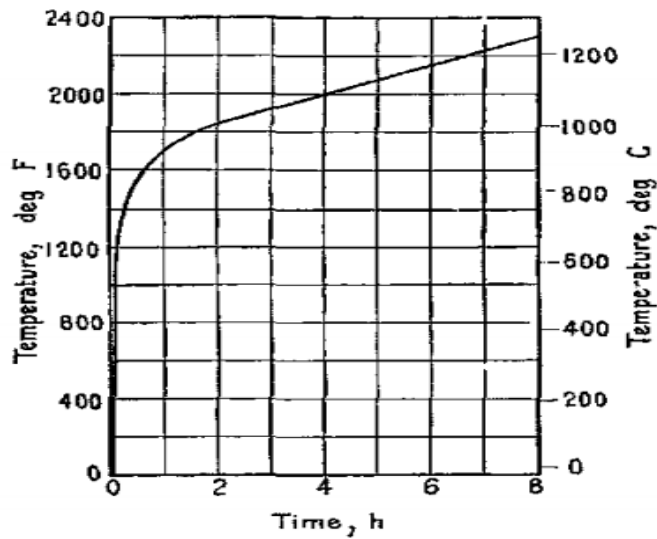


Figura 2 Curva tiempo- temperatura.

Fuente: ASTM E119: Standard Test Methods for Fire Tests of Building.

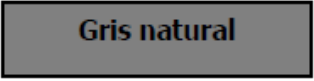
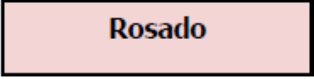

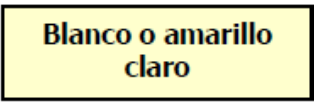
Por lo general la temperatura máxima en un incendio se debe a varios factores, se debe considerar además de los componentes de la estructura, el acabado, los elementos depositados y el amueblamiento mismo.

Dependiendo de encontrarse con combustibles sólidos la temperatura puede oscilar entre los 800°C – 1000°C, de encontrar madera puede alcanzar los 1200°C y con la presencia de combustibles fluidos hasta los 1500°C.

Frente a la exposición del concreto ante estas temperaturas, puede llegar a presentar cambios tanto mecánicos como físicos, ocasionando así fisuramiento y cambio de coloración.

Tabla 12:

Coloración y daño del concreto expuesto a rangos de temperatura

RANGO TEMPERATURA (°C)	COLORACIÓN SUPERFICIAL	DAÑO
0 – 300		Calcinación incipiente: Microfisuras y mapeo superficial
300 – 600		Calcinación superficial: Fisuración térmica por alabeo y descarbonatación superficial
600 – 900		Calcinación avanzada: Descarbonatación profunda y pérdidas de masa por descascaramiento
> 900		Calcinación muy avanzada: Descarbonatación avanzada y pérdida de masa

Fuente: Detección tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural utilizados en infraestructura industrial, 2006.

1.3.2. Variable independiente

1.3.2.1. Propiedades mecánicas

1.5.2.1.1 Resistencia

La resistencia de un concreto está relacionada con la edad, el concreto pasa de un estado plástico a un estado sólido mediante un proceso de fraguado, en los primeros días posteriores a su colocación se puede observar un aumento rápido del mismo, hasta llegar a los 28 días, donde alcanza el 100% de su resistencia. Para evaluar estas resistencias, existen ensayos normalizados. (Rivera)

A. Resistencia a la compresión

Uno de los parámetros fundamentales de la calidad del concreto es su resistencia a la compresión que presenta a los 28 días de curado, dicha resistencia se mide mediante el análisis de probetas cilíndricas normalizadas por la NTP 339.034, la cual indica el empleo

de una carga de compresión axial hacia las probetas cilíndricas, obteniendo así una carga máxima aplicada a un área de sección circular.

B. *Resistencia a la flexión*

Elementos estructurales como las vigas se encuentran sometidas a cargas a de flexión, por ello otro de los indicadores de calidad es la oposición a la flexión, la cual la ASTM establece dos ensayos diferentes para el cálculo de esta resistencia, la primera consiste en la aplicación de cargas ubicada en dos tercios de una viga de concreto simplemente apoyada en los extremos y el otro ensayo consiste en el empleo de una carga puntual en el medio de la viga.

1.4. Formulación del Problema

¿De qué manera se comportan las propiedades mecánicas del concreto armado expuesto al fuego en diferentes intervalos de tiempo en la ciudad de Chiclayo en el periodo 2018?

1.5. Justificación e importancia del estudio

1.5.1. Justificación científica

Científicamente, el proyecto se justifica porque proporcionará información actualizada sobre el comportamiento del concreto estructural ante la exposición de un incendio, lo cual deja las bases para estudios más profundos que permitan mejorar este comportamiento.

1.5.2. Justificación social

Bajo el conocimiento del comportamiento del concreto armado ante estos eventos se amplía el campo de estudio, generando parámetros y alternativas para el desarrollo de construcciones de mejor calidad que permitan confrontar el rápido deterioro o colapso de estructuras a causa del fuego.

1.5.3. Justificación económica

Con estudios que permitan mejorar el comportamiento mecánico de las estructuras ante la presencia de un incendio, generaría que se rehabiliten estructuras post-incendio, generando un ahorro económico.

1.5.4. Justificación ambiental

En base a la data obtenida por los estudios realizados, se puede optar por materiales reciclables que ayuden a mejorar la resistencia.

1.6. Hipótesis

A mayor tiempo de exposición al fuego, las propiedades mecánicas del concreto armado disminuyen.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Evaluar las propiedades mecánicas del concreto armado expuesto al fuego en intervalos de tiempo, para realizar propuesta de mejora.

1.7.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar las propiedades de los componentes (agregado fino y agregado grueso) para la realización de un diseño de mezcla.
- b) Realizar el diseño de mezcla para resistencias $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, $f'_c=245\text{kg/cm}^2$ y $f'_c= 280\text{kg/cm}^2$.
- c) Diseñar vigas de concreto armado de resistencias $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, $f'_c=245\text{kg/cm}^2$ y $f'_c= 280\text{kg/cm}^2$.
- d) Examinar las propiedades mecánicas de los especímenes de concreto y concreto armado sin exposición y expuesto al fuego en periodos de 15 minutos, 30 minutos y 1 hora.
- e) Proponer una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas del concreto armado ante la exposición del fuego.

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo

Será básica o pura, debido a que se procura la invención de nuevo conocimiento científico, recolectando información real para enriquecer este conocimiento, no tendrá una aplicación inmediata, ni tiene intenciones prácticas a corto plazo. (Borja, 2012)

Será cuantitativo, porque se recolectará y analizará datos, mediante el uso de medición numérica y mediante la estadística se establece un patrón de comportamiento del concreto armado. (Borja, 2012)

Será descriptivo, puesto que se pretende describir la influencia del fuego en las propiedades mecánicas, lo cual permitirá obtener parámetros específicos del grado de afectación de una estructura que sido expuesta a un incendio en un tiempo determinado. (Hernández, Fernández, & Baptista, 1991)

2.1.2. Diseño

El diseño del proyecto será Experimental - Preexperimentos debido a que se explorará el tema, además de describir la conducta del concreto armado expuesto al fuego.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población destinada para esta investigación será el diseño de concreto simple y armado con cemento Mochica Tipo I, agregados y agua, bajo resistencias promedio a la compresión de 210, 245 y 280 kg/cm².

2.2.2. Muestra

En esta investigación, la muestra estará compuesta por probetas y vigas de diseño empleando Cemento Tipo I, siendo un total de 36 probetas cilíndricas de concreto, de las cuales 9 serán evaluadas sin ser expuestas al fuego, siendo 3 respectivamente de cada resistencia (210kg/cm^2 , 245kg/cm^2 y 280kg/cm^2), las otras 27 serán expuestas en grupos de 9 en intervalos de 15, 30 y 60 minutos, para ser luego evaluadas por compresión.

Así mismo para evaluar por flexión, se optarán por un total de 24 vigas cuyas dimensiones para facilitar el proceso de ensayo son de 12cm de base y 16cm de altura con una longitud de 50cm. Con este total de vigas al igual que las probetas se dividirán en grupos de 8, siendo 2 especímenes de cada resistencia, y así mismo serán evaluadas sin exponer al fuego y expuestas al fuego en intervalos de 15, 30 y 60 minutos.

2.3. Variables, Operacionalización

2.3.1. Variables

a) Variable independiente:

- Concreto armado.

b) Variable interviniente

- Exposición al fuego

c) Variable dependiente:

- Propiedades mecánicas.

2.3.2. Operacionalización

Tabla 13:

Variable Independiente

Variable Independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Sub - indicadores	Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos	Escala de medición
Concreto armado	Se denomina concreto armado al concreto simple adicionado de una armadura de acero como refuerzo, diseñado bajo el concepto de que ambos elementos trabajen conjuntamente para soportar esfuerzos de tracción. (Abanto, 2016)	Evaluación de la elaboración del concreto estructural	Diseño de Mezcla	Ensayos de diseño de mezcla (Análisis granulométrico, contenido de humedad, peso unitario suelto y compactado, peso específico y contenido de absorción)	Proporción			
				Propiedades del concreto fresco (Temperatura, asentamiento, peso específico y contenido de aire atrapado)	Unidades de medida	Observación y análisis de documentos	Formatos de Laboratorio / Ensayo de Materiales	Razón
			Sección Transversal	Base	cm			
				Altura	cm			
			Cuantía según F'c para flexión	Cuantía mínima				
				Cuantía máxima				
	Área de acero para flexión	Acero mínimo	cm ²					
		Acero máximo	cm ²					
	Estribos	Acero mínimo	cm ²					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14:*Variable Interviniente*

Variable Interviniente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Sub - indicadores	Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos	Escala de medición	
Exposición al fuego	Colocación de un objeto para ser influenciado por la acción de la manifestación visual del proceso de combustión.	Evaluación de la influencia del fuego en el concreto estructural	Patologías	Coloración	Presencia de fisuramientos	Observación y análisis de documentos	Guía de observación	Razón	
					Variación de masa				Temperatura
					A los 15 minutos				Kg
					A los 30 minutos				°C
		Temperatura		A los 60 minutos	°C				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15:*Variable Dependiente*

Variable Dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Sub - indicadores	Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos	Escala de medición
Propiedades mecánicas	Propiedades físicas que describen el comportamiento de un material sólido al aplicarle fuerzas de tracción, compresión y torsión.	Ensayo de testigos de concreto sometidos a esfuerzos de compresión y flexión, mediante el uso de equipos de laboratorio.	Propiedades Mecánicas del concreto endurecido pasado los 28 días de fraguado	Resistencia a la Compresión Resistencia a la Flexión	Kg/cm2 Kg/cm2	Observación y análisis de documentos	Formatos de Laboratorio / Ensayo de Materiales	Razón

Fuente: Elaboración Propia

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

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica a utilizar para el desarrollo de la investigación es por observación directa, la cual consiste en percibir intencionalmente el fenómeno o suceso, recopilar información y registrarla para, posteriormente, analizar los eventos ocurrientes. Borja (2012)

Además, se empleará el análisis de documentos, tomando en cuenta los antecedentes relacionados al tema de investigación.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos a utilizar serán planillas de observaciones (Formatos para ensayos de laboratorio), que contendrá la información técnica precisa para realizar comparaciones y emitir conclusiones referentes al tema de investigación, además del equipo necesario para la realización de los ensayos normados.

2.4.2.1. *Formatos de recolección de datos*

- A. Formatos para recolección de datos de los agregados para el concreto.
 - Formato para ensayo de granulometría de agregados.
 - Formato para ensayo de peso unitario y contenido de humedad de los agregados
 - Formato para ensayo de peso específico y absorción de agregados.
 - Formato del resumen de análisis de los agregados.
- B. Formatos de recolección de datos del concreto estructural
 - Formato de diseño de mezclas.
 - Formato de dosificación del diseño de mezcla para 1m³ de concreto.
 - Formato de diseño del elemento estructural (viga).
- C. Formato de recolección de datos de las propiedades del concreto estructural.
 - Formato de recolección de datos de las propiedades del concreto en estado fresco.
 - Formato de recolección de datos para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto
 - Formato de recolección de datos para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto.

2.4.2.2. *Normativas para el análisis de documentos*

Tabla 16:

Normas utilizadas para el análisis de documentos

Normativas de análisis de documentos		
Item	Ensayo	Norma
Agregado	Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global	NTP 400.012
	Método de Ensayo Para Determinar El Peso Unitario Del Agregado	NTP 400.017
	Contenido de humedad total evaporable de agregados por secado	NTP 339.185
	Método de ensayo normalizado para determinación del peso específico y absorción del agregado fino	NTP 400.022
	Método de ensayo normalizado para determinación del peso específico y absorción del agregado grueso	NTP 400.021
	Método de prueba estándar para determinar la resistencia a la degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión en la Máquina de los Ángeles	ASTM C 131-14
Concreto fresco	Asentamiento del concreto fresco	NTP 339.035
	Peso unitario	NTP 339.046
	Método de ensayo del contenido de aire atrapado	NTP 339.083
	Temperatura de las mezclas de hormigón	NTP 339.184
	Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo	NTP 339.033
Concreto endurecido	Resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas	NTP 339.034
	Resistencia a la flexión del concreto, con carga al centro del luz	ASTM C293
Exposición al fuego	Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción	Norma UNE 23-727-80
	Requisitos de Reglamento para concreto estructural - protección contra el fuego	ACI 318S-05
	Métodos de prueba estándar para pruebas de fuego de la construcción de edificios y materiales	ASTM E119-00A
	Fuego normalizado	ISO - 834

Fuente: Elaboración Propia

2.5. Procedimiento de análisis de datos

2.5.1. Descripción de procesos

2.5.1.1. Selección y obtención de materiales

- El cemento utilizado fue cemento Portland tipo I de la marca Mochica.
- El agregado fino y agregado grueso son procedentes de la cantera Pátapo.
- El agua potable utilizada fue proveniente del laboratorio de ensayos de materiales de la “Universidad Señor de Sipán”, Pimentel, Perú.

2.5.1.2. *Ensayos realizados a los agregados*

Previo al diseño de mezcla del concreto, se procedió a realizar una serie ensayos a ambos agregados para determinar las propiedades básicas del material, siguiendo las especificaciones de la “Norma Técnica Peruana (NTP)”, se realizaron los ensayos en el “Laboratorio de Ensayo de Materiales y Concreto” de la universidad Señor de Sipán.

2.5.1.2.1. Análisis granulométrico por tamizado

El ensayo tiene como finalidad determinar la distribución de los tamaños del agregado, pasando muestras representativas tanto de agregado grueso como fino por una serie de mallas estandarizadas. (NTP 400.012, 2013)

Material y equipo utilizado:

- Tamices de 3/8” al tamiz N°100
- Cepillo de cerdas
- Balanza con aproximación ± 0.1 gr.
- Taras
- Agregado Fino
- Agregado Grueso

A. Agregado Fino

Primero se procedió a separar en cuatro partes el material obtenido para la realización de los ensayos, se tomó una muestra representativa de 2.500 Kilogramos de agregado fino, el cual pasó por un proceso de lavado a través de la malla N°200 y secada al horno por 24 horas, posteriormente se procedió a determinar la cantidad de partículas retenidas en cada tamiz desde el tamiz 3/8" hasta el tamiz N°100, haciendo uso de la balanza se registraron los pesos retenidos en cada tamiz.

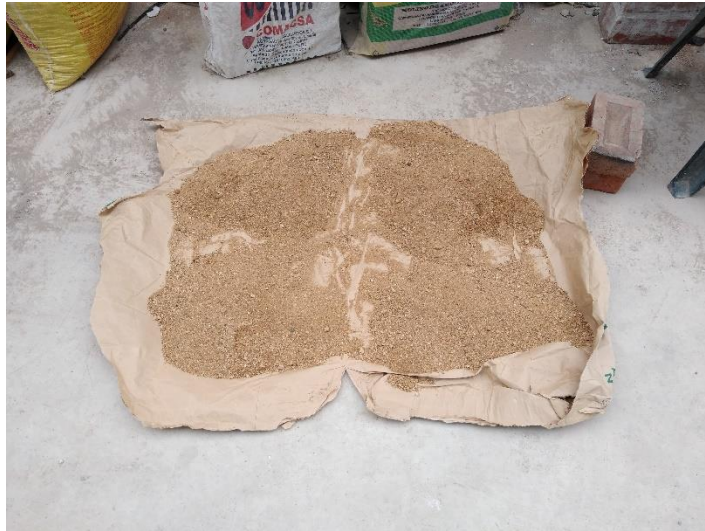


Figura 3. Cuarteo del agregado fino

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4: Tamices estandarizados para la granulometría de agregado fino para diseño de concreto

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5: Peso del material retenido en el tamiz N°30

Fuente: Elaboración propia.

B. Agregado Grueso

Igualmente se procedió a realizar el cuarteo del material para posteriormente ensayar una muestra representativa de 3.500 Kilogramos en estado seco a través de las mallas de 2” hasta la malla N°04.



Figura 6. Cuarteo del agregado fino

Fuente: Elaboración propia.



Figura 7: Tamices estandarizados para la granulometría de agregado grueso para diseño de concreto

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8: Peso del material retenido en el tamiz N°3/4”

Fuente: Elaboración propia.

2.5.1.2.2. *Peso unitario suelto y compactado*

La densidad del agregado es la relación de la masa que ocupa en un volumen, dependiendo del acomodo de sus partículas se denomina peso unitario suelto y compactado, para ello se utilizaron los siguientes materiales:

- Balanza de precisión ± 0.1 gr.
- Una varilla de 5/8" y 60 cm de longitud.
- Molde cilíndrico metálico para agregado fino y grueso.
- Cucharón.
- Martillo de goma.
- Agregado

Con ayuda del cucharón se llena el recipiente metálico con las dimensiones y peso ya determinado, dejando caer el material desde una altura de 10 cm hasta llenar el recipiente, se nivela al ras y se procede a pesar. Para obtener el peso unitario compactado se realiza el mismo procedimiento a excepción que se llena en 3 capas y utilizando la varilla se procede a apisonar con 25 golpes cada capa e igualmente se nivela al ras y se procede a pesar.

A. Agregado fino

Se utilizó un molde de con peso de 5285 gramos, 15.10cm de diámetro y 15.50 de altura, teniendo un volumen de 0.002776m³.



Figura 9: Realización del peso unitario suelto del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 10: Realización del peso unitario compactado del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

B. Agregado Gueso

Para el agregado grueso se utilizó un molde de con peso de 11460 gramos, 25.15cm de diámetro y 28.00cm de altura, teniendo un volumen de 0.013910m^3 .



Figura 11: Realización del peso unitario compactado del agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 12: Peso del agregado grueso + molde.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.1.2.3. *Peso específico y absorción*

Este ensayo es necesario para el cálculo de la densidad real y aparente de los agregados, además de su capacidad de retener agua. Los materiales para realizar el siguiente ensayo son:

- Balanza de precisión ± 0.1 gramo o 0.5% del peso de la muestra.
- Bandejas y taras.
- Horno.
- Secadora.
- Picnómetro de 500 cm³.
- Molde cónico con pisón.
- Embudo.
- Pipeta.
- Franela.
- Balde de plástico
- Canastilla de alambre.

A. Agregado fino

Se dejó previamente saturando una muestra de agregado fino durante 24 horas, posterior a ello se retiró del agua y con apoyo de una secadora se dejó la muestra saturada aparentemente seca comprobándolo con el molde cónico. Posterior a ello se procede a colocar 500gramos de muestra en el picnómetro y llenamos de agua, después de extraer todo el aire, pesado el espécimen y colocada al horno durante 24 horas, se procede a realizar los cálculos correspondientes.



Figura 13: Realizando el secado superficial del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 14: Realización del ensayo de peso específico del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

B. Agregado grueso

Se colocó a saturar el agregado durante 24 horas, posterior a ello se secó superficialmente y se pesó una muestra de 3.800kg el cual procedió a ensayarse colocándolo en una canastilla sumergida para obtener el peso específico de la masa, posteriormente se llevó la muestra ya pesada al horno por 24 horas para obtener el porcentaje de absorción del material.



Figura 15: Agregado grueso superficialmente seco.

Fuente: Elaboración propia

2.5.1.2.4. Contenido de humedad

Se pesaron muestras representativas de agregado fino y grueso, posteriormente se colocaron al horno y 24 horas después se retiraron para pesarlos y así obtener el resultado.

2.5.1.2.5. Resistencia a la degradación del agregado grueso

Primero se realizó un análisis granulométrico con las mallas establecidas según la Norma ASTM C 131-14, para lo cual se tomó una muestra de 10Kg, obteniendo así el método a emplear (Tipo A) para la realización del ensayo, colocando una muestra seca de 5006 gr en la máquina de los ángeles junto a 12 esferas de acero que representan la carga haciéndolos girar en el tambor durante 500 revoluciones, posterior a ello se tamiza el material por la malla N°15, todo el material retenido luego de ser lavado y posteriormente puesto a secar al horno, se pesa y se calcula el porcentaje de desgaste.



Figura 16: Mallas establecidas para el ensayo de degradación del agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia



Figura 17: Máquina de los ángeles.

Fuente: Elaboración propia

2.5.1.3. *Elaboración de muestras*

Obteniendo las características de los agregados se derivó a efectuar el diseño de mezcla con el método del ACI (Tomando en consideración un factor de cero para temas de estudios), tras la elaboración de muestras con resistencias cilíndricas a la compresión de 210, 245 y 280kg/cm², evaluación en estado fresco, posterior curado y evaluación en estado endurecido a los 7 días se obtuvo el diseño de mezcla final para la elaboración de las muestras a ensayar con edades mayor a los 28 días.

Para la fabricación de muestras a ensayar se utilizaron moldes cilíndricos de 4"x8" y moldes rectangulares de 12cmx16cmx50cm, mediante la elaboración de las muestras se determinó las propiedades del concreto en estado fresco.



Figura 18: Evaluación de la temperatura de la mezcla de concreto.

Fuente: *Elaboración propia*



Figura 19: Evaluación del asentamiento de la mezcla de concreto.

Fuente: *Elaboración propia*

Mediante el cono de Abrams se procedió a medir el asentamiento del concreto, el cual según el diseño de mezcla debe estar entre 3” a 4”.



Figura 20: Evaluación del peso unitario de la mezcla de concreto.

Fuente: *Elaboración propia*

Para la evaluación del peso unitario del concreto se llena en un recipiente cilíndrico metálico con volumen y peso conocido en tres capas compactando con ayuda de una varilla de 5/8” apisonándolo con 25 golpes en cada capa, posteriormente se pesa el concreto y se calcula el peso unitario.



Figura 21: Evaluación del contenido de aire atrapado en la mezcla de concreto.

Fuente: Elaboración propia

Esta evaluación se realiza mediante la olla de Washington, lo cual según lo diseñado debe ser del 2%.



Figura 22: Elaboración de probetas cilíndricas $f'c=280\text{kg/cm}^2$.

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido y comprobado la dosificación para cada resistencia, se procedió a elaborar 12 probetas cilíndricas por cada resistencia, las cuales se marcaron con fecha de elaboración, su resistencia de diseño y el tiempo al cual estarán a estar expuestas.



Figura 23: Elaboración de vigas de concreto armado

Fuente: Elaboración propia

Igualmente se realizaron 12 vigas de concreto armado por cada resistencia, las cuales también fueron marcadas y puestas a curar por un periodo mayor a 28 días.

2.5.1.4. Ensayos del concreto en estado endurecido

2.5.1.4.1. Exposición al fuego

Para la exposición al fuego de las muestras se tomó en cuenta lo descrito en la figura 1 “Curva tiempo – temperatura”, por lo cual se optó por exponer al concreto en intervalos de 15, 30 y 60 minutos.

A. Materiales utilizados

- Horno artesanal: Fabricado con una base de ladrillo King Kong de 18 huecos donde se coloca el combustible de dimensiones 1.20m*1.20m*0.75m y ladrillo artesanal en la parte de la cúpula donde se colocan las muestras a ensayar con un diámetro de 0.60m en el interior y una altura de 0.90m, revestido interiormente con cemento refractario y barro, con un ducto rectangular de desfogue de 0.16m*0.18m*1.20m y una rejilla para la colocación de las muestras.



Figura 24: Horno artesanal utilizado para el ensayo de exposición al fuego.

Fuente: Elaboración propia

- Equipo de medición de temperatura: Se utilizaron dos equipos, el primero fue a través de un termostato el cual monitorea la temperatura en la que se expusieron las muestras a través de una termocupla tipo K con resistencia hasta 1200°C, el otro equipo de medición utilizado fue un termómetro laser ECYMETRO HT – 819 el cual registra temperaturas desde -50°C hasta 1050°C.



Figura 25: Equipos de medición de temperatura.

Fuente: Elaboración propia

- Combustible: Se empleó kerosene, carbón y leña.
- Equipos de seguridad: Se utilizó guantes de soldador, mascarilla, lentes y tenazas para la extracción de las muestras del horno.

B. Procedimiento del ensayo

- Pasado los 28 días de curado se dejaron las muestras al ambiente un día antes del ensayo para que adopte la humedad natural del ambiente
- Posteriormente se instaló el equipo de medición de temperatura a través de una abertura en el horno.
- Se inició el fuego con los materiales combustibles hasta alcanzar una la temperatura necesaria para la elaboración del ensayo.
- Se colocaron las probetas cilíndricas en grupos de 9 por cada resistencia sobre la rejilla del horno, en el caso de las vigas de concreto armado se colocaron en grupos de 3 apoyada en ambos extremos sobre el ladrillo King Kong.
- Se verificó las temperaturas alcanzadas en los tiempos establecidos con ayuda del termostato y el termómetro láser.
- Una vez terminado el ensayo se dejó enfriar las muestras por un breve periodo hasta que tengan una temperatura con la cual se pueda manipular las muestras para ser ensayadas a compresión y flexión.



Figura 26: Exposición de las vigas de concreto armado al fuego.

Fuente: *Elaboración propia*

2.5.1.4.2. Ensayo de resistencia a la compresión cilíndrica del concreto

El siguiente ensayo fue realizado según lo indicado en la NTP 339.034, teniendo un total 36 probetas de 4" de diámetro y 8" de altura, siendo 12 probetas de cada resistencia de las cuales 9 fueron expuestas al fuego en diferentes intervalos de tiempo, todas ensayadas en el mismo día en el cual se expusieron al fuego.



Figura 27: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Fuente: Elaboración propia

2.5.1.4.3. Ensayo de resistencia a la flexión del concreto, con carga al centro de luz

Para efectuar el siguiente ensayo se tomó en cuenta lo establecido en la norma ASTM C293, teniendo un total de 36 vigas de concreto armado las cuales se le aplicó una carga en el centro de la viga hasta obtener fisuramiento en la parte inferior de la viga.



Figura 28: Ensayo de resistencia a la flexión del concreto con carga al centro de luz.

Fuente: Elaboración propia

2.6. Criterios éticos

Como estudiante de la Universidad Señor de Sipán (USS), el código de ética se basa en la protección de los derechos, la vida, la salud, la intimidad, la dignidad y el bienestar de cada persona que participe en una actividad de investigación científica, tecnológica e innovación. (USS, 2017)

2.7. Criterios de rigor científico

2.7.1. Validez interna

Se tomó todas las medidas de control para asegurar la autenticidad de los resultados obtenidos como la elaboración de los ensayos realizándose bajo las mismas condiciones, recolección y análisis de datos dentro del laboratorio de ensayos de materiales y concreto de la Universidad Señor de Sipán, siendo guiado por el técnico a cargo.

2.7.2. Validez externa o transferibilidad

Se realizaron varias muestras para obtener resultados que garanticen la veracidad del proyecto, mismos que son certificados por los responsables del laboratorio.

2.7.3. Fiabilidad interna

Tanto el diseño, fabricación y ensayos realizados a las muestras fueron realizados en base a los criterios y parámetros establecidos por las normas técnicas (Normas ASTM, ISO, NTP, ACI, RNE).

2.7.4. Objetividad

Los resultados obtenidos son presentados con total neutralidad, mostrando datos reales sin considerar el criterio personal.

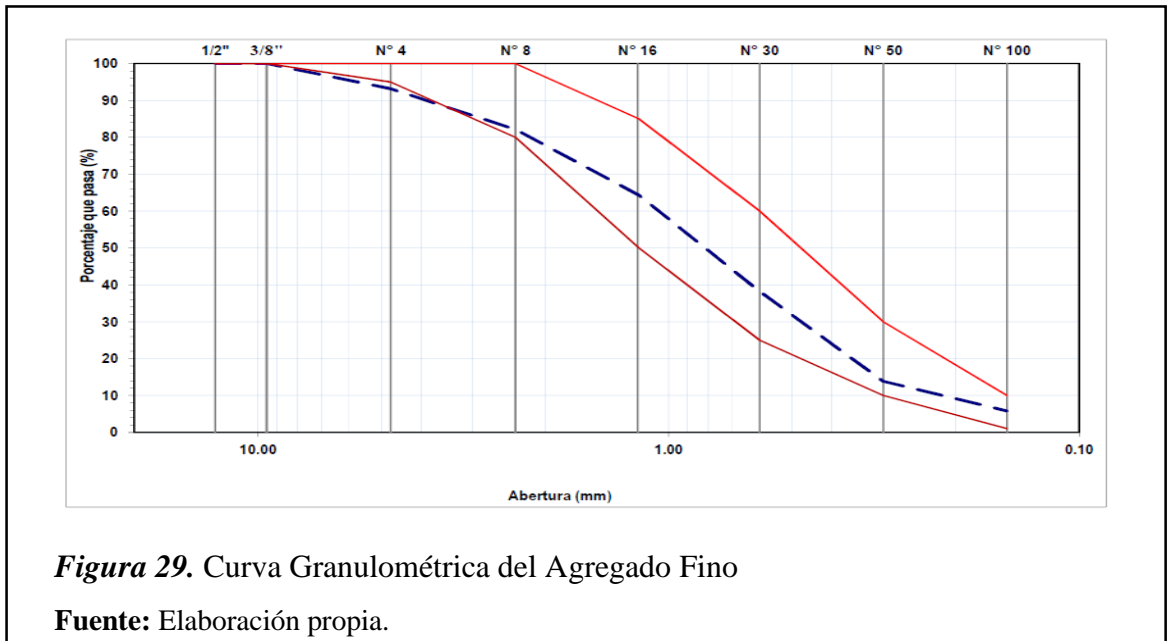
III. RESULTADOS

3.1. Resultados en tablas y figuras

3.1.1. Propiedades de los componentes del diseño de mezcla

3.1.1.1. Análisis granulométrico (NTP 400.011)

3.1.1.1.1. Agregado fino



En la figura 29 se observa la curva granulométrica del agregado fino de la cantera Pátapo con los límites de huso granulométrico, obteniendo casi en su totalidad del agregado dentro de los límites establecidos por la NTP 400.012:2013. (**Ver Anexo 1.1**)

3.1.1.1.2. Agregado grueso

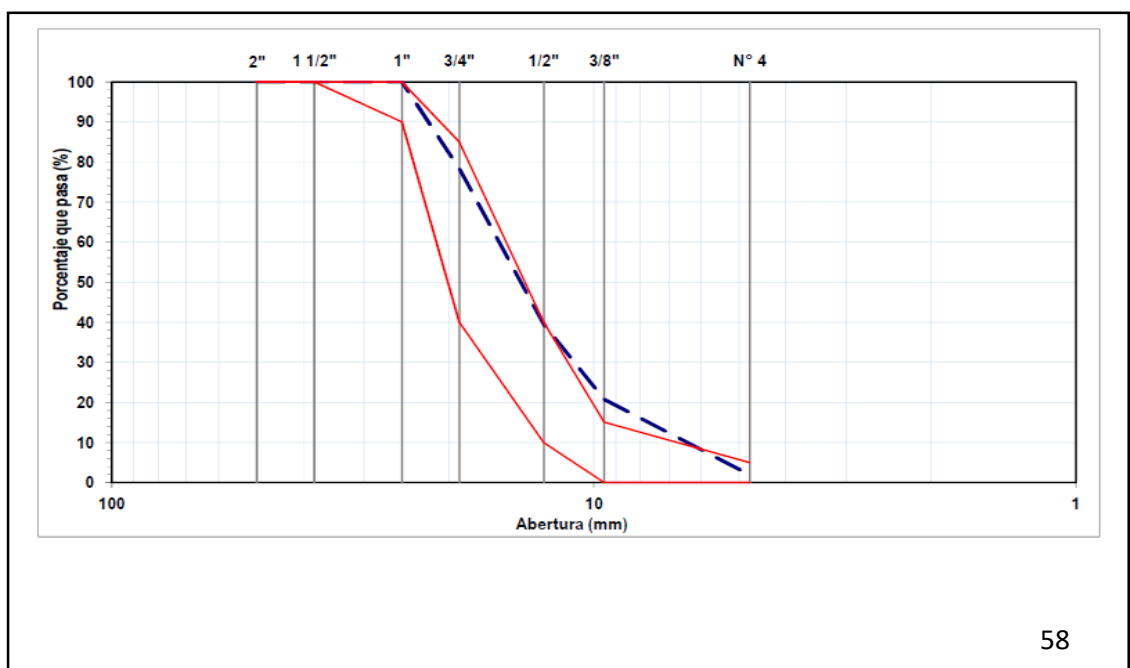


Figura 30. Curva Granulométrica del Agregado Grueso

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 30 se observa la curva granulométrica del agregado grueso de la cantera Pátapo con los límites de huso granulométrico, obteniendo casi en su totalidad del agregado dentro de los límites establecidos por la NTP 400.012:2013. **(Ver Anexo 1.1)**

3.1.1.2. Contenido de humedad (NTP 339.185)

3.1.1.2.1. Agregado fino

Tabla 17:

Contenido de Humedad del Agregado Fino

1. Peso de muestra húmeda	(gr.)	314.00	320.00
2. Peso de muestra seca	(gr.)	311.00	317.00
3. Peso de recipiente	(gr.)	46.00	41
4. Contenido de humedad	(%)	1.13	1.09
5. Contenido de humedad (promedio)	(%)		1.110

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 17 se puede observar que el porcentaje de humedad del agregado fino es de 1.110%. **(Ver Anexo 1.2)**

3.1.1.2.2. Agregado grueso

Tabla 18:

Contenido de Humedad del Agregado Grueso

1. Peso de muestra húmeda	(gr.)	648.00	671.00
2. Peso de muestra seca	(gr.)	647.00	670.00
3. Peso de recipiente	(gr.)	101.00	117
4. Contenido de humedad	(%)	0.183	0.181
5. Contenido de humedad (promedio)	(%)		0.182

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 18 se puede observar que el porcentaje de humedad del agregado grueso es de 0.182%. **(Ver Anexo 1.2)**

3.1.1.3. *Peso unitario de los agregados (NTP 400.017)*

3.1.1.3.1. *Agregado fino*

Tabla 19:

Peso Unitario Suelto del Agregado Fino

Peso unitario suelto humedo (Promedio)	(kg/m ³)	1419.45
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1403.88

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20:

Peso Unitario Compactado del Agregado Fino

Peso unitario compactado humedo (Promedio)	(kg/m ³)	1610.39
Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)	1592.72

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 se puede observar que el peso unitario suelto seco del agregado fino es de 1403.88 kg/m³ y en la tabla 20 se observa que el peso unitario compactado seco del agregado fino es de 1592.72 kg/m³. (**Ver Anexo 1.2**)

3.1.1.3.2. *Agregado Grueso*

Tabla 21:

Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso

Peso unitario suelto humedo (Promedio)	(kg/m ³)	1401.34
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1398.79

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22:

Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso

Peso unitario compactado humedo (Promedio)	(kg/m ³)	1511.69
Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)	1508.95

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21 se puede observar que el peso unitario suelto seco del agregado grueso es de 1398.79 kg/m³ y en la tabla 22 se observa que el peso unitario compactado seco del agregado grueso es de 1508.95 kg/m³. (**Ver Anexo 1.2**)

3.1.1.4. *Peso específico y Absorción de los agregados (NTP 400.021)*

3.1.1.4.1. *Agregado fino*

Tabla 23:

Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino

A. PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.524	2.524
B. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.574	2.574
C. PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.574	2.574
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.766	0.766

Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido para el agregado fino observable en la tabla 23, es de un peso específico de 2524 kg/m³ y un porcentaje de absorción de 0.766%. **(Ver Anexo 1.3)**

3.1.1.4.2. *Agregado grueso*

Tabla 24:

Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso

A. PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.69
B. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.72
C. PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.77
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.04

Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido para el agregado grueso observable en la tabla 24, es de un peso específico de 2690 kg/m³ y un porcentaje de absorción de 1.04%. **(Ver Anexo 1.3)**

3.1.1.5. *Resistencia a la degradación de agregado grueso (ASTM C 131-14)*

Tabla 25:

Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso

1.- Masa de la muestra original	(gr)	5006
2.- Masa de la muestra después del ensayo	(gr)	4102
3.- Porcentaje de desgaste	(%)	18.06

Fuente: Elaboración propia

Observando la tabla 25, se obtuvo un porcentaje de desgaste a la abrasión del 18.06%. **(Ver Anexo 1.4)**

3.1.2. Diseño de mezcla

Se obtuvieron los siguientes resultados de dosificación para cada respectivo diseño de mezcla.

Tabla 26:

Datos técnicos de diseño de mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del diseño de mezcla :	:		
Asentamiento obtenido	:	3 3/4	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2374	kg/m ³
Factor cemento por m ³ de concreto	:	8.8	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.692	
Contenido de aire atrapado	:	1.9	%
Cantidad de materiales por metro cúbico :			
Cemento	:	373	kg/m ³
Agua	:	258	L
Agregado fino	:	911	kg/m ³
Agregado grueso	:	832	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27:

Dosificación para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	2.44	2.23	29.4 lts/pe ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	2.62	2.40	29.4 lts/pe ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28:*Datos técnicos de diseño de mezcla de concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$*

<u>Resultados del diseño de mezcla :</u>			
Asentamiento obtenido	:	3 1/2	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2388	kg/m ³
Factor cemento por m ³ de concreto	:	9.7	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.63	
Contenido de aire atrapado	:	1.9	%
Cantidad de materiales por metro cúbico :			
Cemento	:	412	kg/m ³
Agua	:	259	L
Agregado fino	:	894	kg/m ³
Agregado grueso	:	823	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia**Tabla 29:***Dosificación $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$* Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	2.17	2.00	26.7
			lbs/pe ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	2.32	2.15	26.7
			lbs/pe ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30:*Datos técnicos de diseño de mezcla de concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$*

Resultados del diseño de mezcla :	:		
Asentamiento obtenido	:	3 1/8	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2398	kg/m ³
Factor cemento por m ³ de concreto	:	10.6	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.578	
Contenido de aire atrapado	:	2.1	%
Cantidad de materiales por metro cúbico :			
Cemento	:	450	kg/m ³
Agua	:	260	L
Agregado fino	:	875	kg/m ³
Agregado grueso	:	814	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia**Tabla 31:***Dosificación $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$* Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.95	1.81	24.6 lts/pe ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	2.09	1.95	24.6 lts/pe ³

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 26, 28 y 30 se observan las propiedades de la mezcla de concreto para sus respectivas resistencias de 210, 245 y 280 kg/cm², observando que a menor resistencia la mezcla tiene una mayor relación a/c, siendo así la mezcla más fluida y obteniendo mayores asentamientos, además de tener un menor peso unitario.

En las tablas 27, 29 y 31 se observa la dosificación en peso para cada resistencia de 210, 245 y 280 kg/cm², siendo notable la disminución de agregado y agua por kilo de cemento a mayor resistencia. (**Ver Anexo 2.2**)

3.1.3. Diseño de viga de concreto armado

Para fines de desarrollo del proyecto se realizó 36 vigas de concreto armado con las siguientes especificaciones:

- $L = 50 \text{ cm}$, $B = 12 \text{ cm}$, $H = 16 \text{ cm}$
- Refuerzo longitudinal: $4 \phi 8 \text{ mm}$ superior e inferior
- Refuerzo transversal: $1 \phi \frac{1}{4}'' @ 0.63 \text{ cm}$, $4 \phi \frac{1}{4}'' @ 2.50 \text{ cm}$, resto $@ 3.75 \text{ cm}$
- Recubrimiento: $e = 1.00 \text{ cm}$
- $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

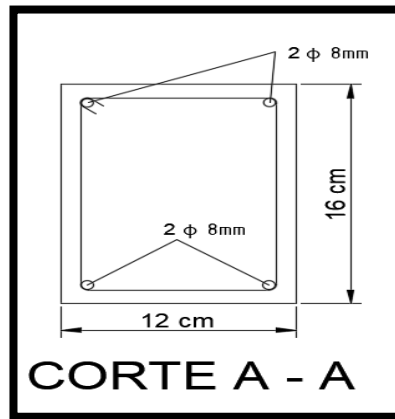


Figura 31. Sección transversal de la viga.

Fuente: Elaboración propia.

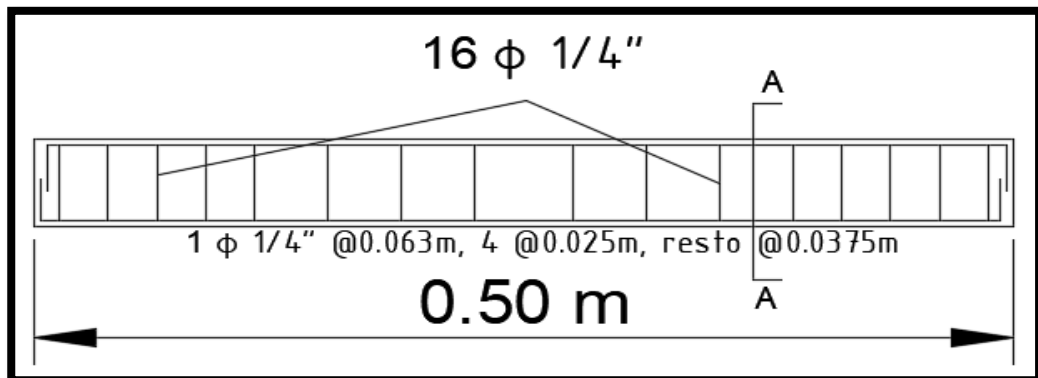
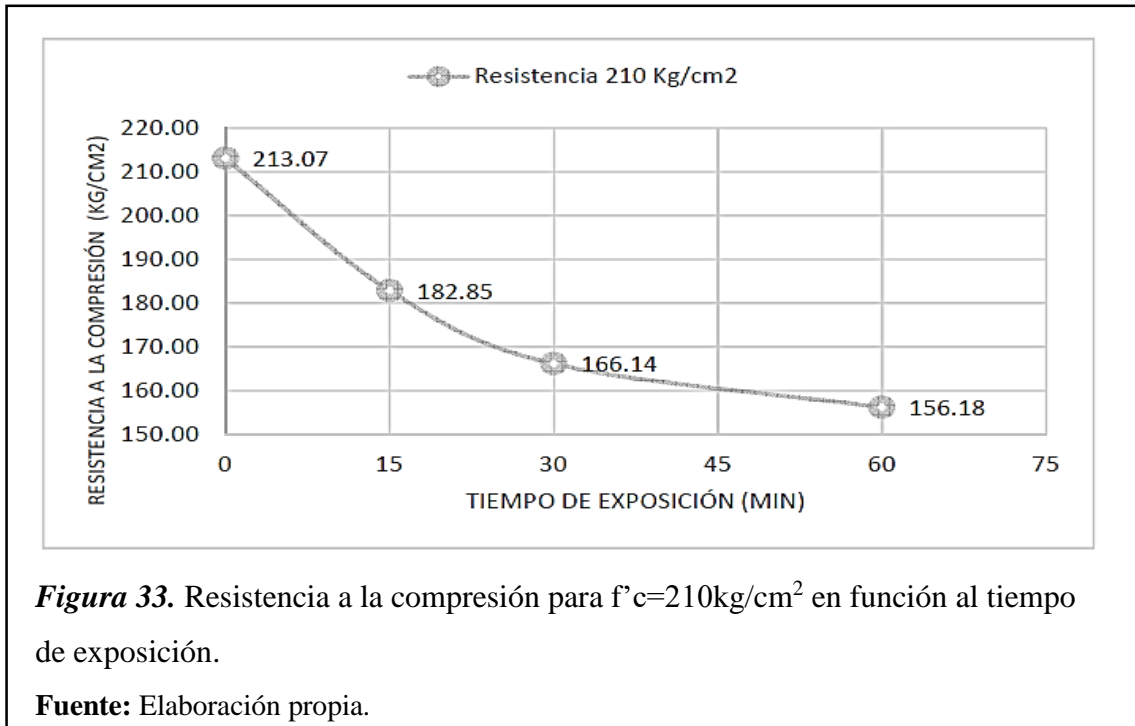


Figura 32. Vista longitudinal de la viga

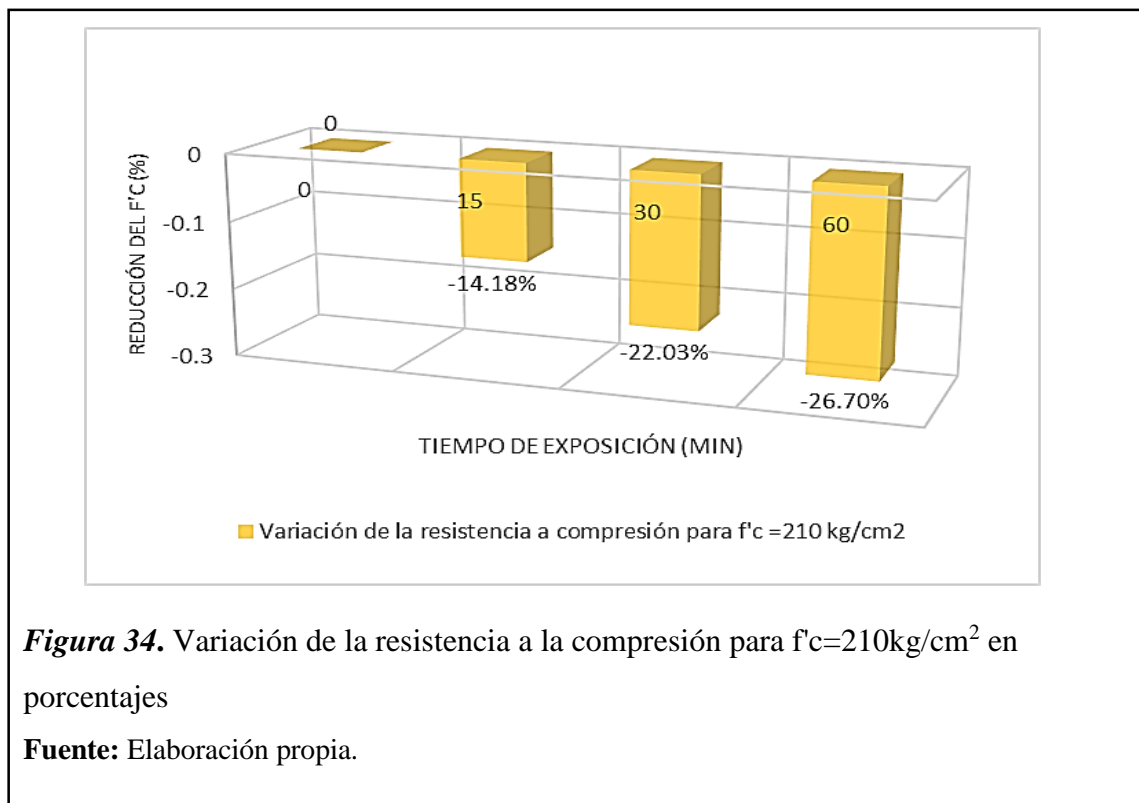
Fuente: Elaboración propia.

3.1.4. Propiedades del concreto expuesto al fuego en intervalos de tiempo

3.1.4.1. Resistencia a la compresión



En la figura 33 se observa una decreciente resistencia a la compresión, del concreto expuesto al fuego conforme aumenta el tiempo de exposición, disminuyendo desde una resistencia diseñada para 210 kg/cm^2 hasta una resistencia de 156.18 kg/cm^2 . (Ver Anexo 3.1)



En la figura 34 se observa como aumenta la pérdida de resistencia a la compresión, siendo mayor la variación expuesta durante los 15 primeros minutos, posteriormente a los 30 minutos de exposición al fuego, el aumento de pérdida de resistencia a la compresión es menor. (Ver Anexo 3.1)

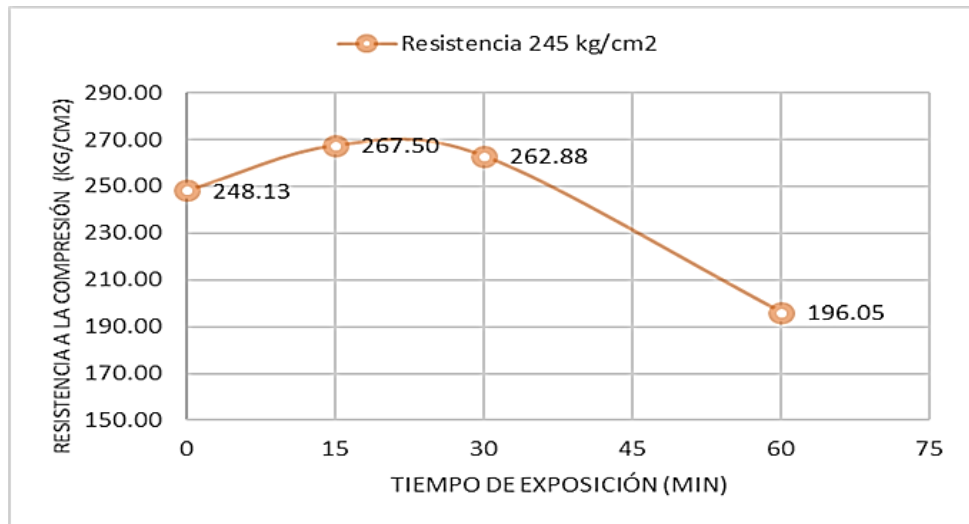


Figura 35. Resistencia a la compresión para $f'c=245\text{kg/cm}^2$ en función al tiempo de exposición.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 35 se observa una creciente resistencia del concreto para diseño de $f'c=245\text{kg/cm}^2$ durante los primeros 15 minutos de exposición, posteriormente llega a disminuir hasta 196.05 kg/cm^2 . (Ver Anexo 3.1)

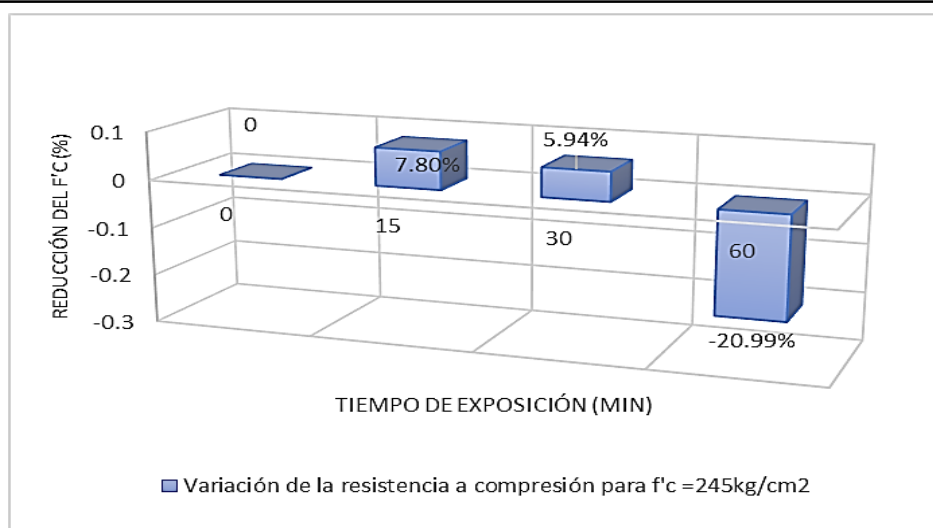
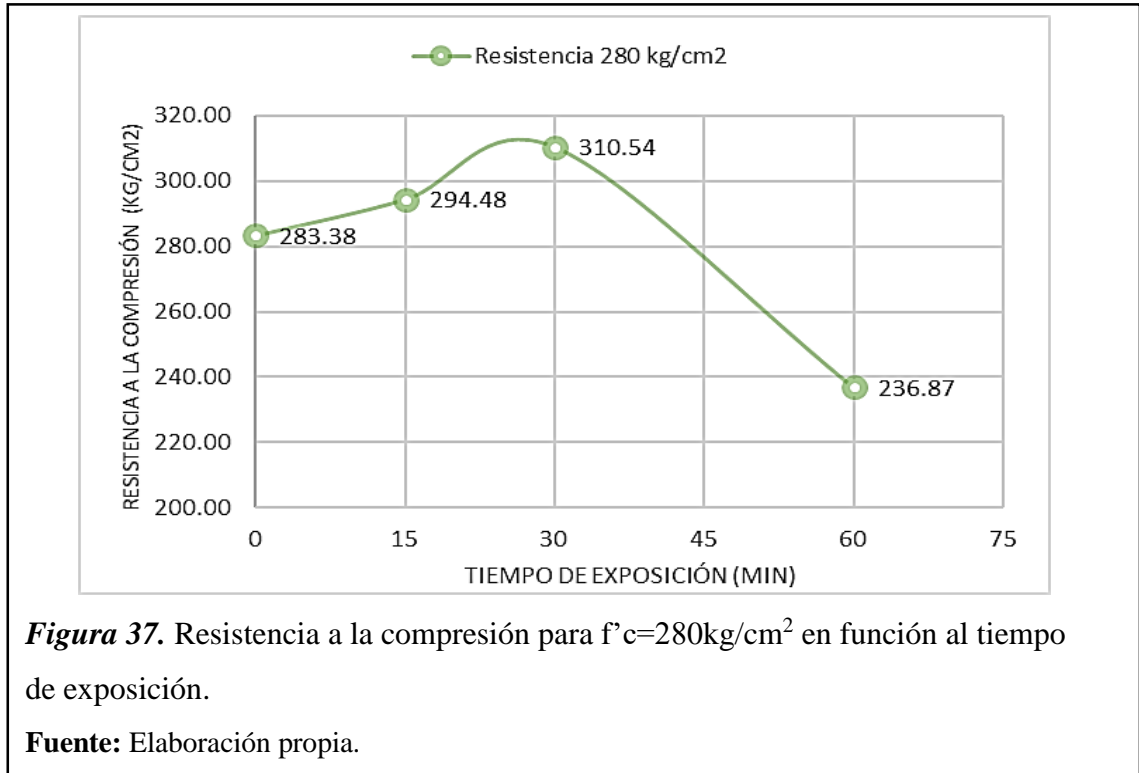


Figura 36. Variación de la resistencia a la compresión para $f'c=245\text{kg/cm}^2$ en porcentajes

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 36 se observa que para el concreto $f'c=245\text{kg/cm}^2$ no hay reducción de la resistencia durante los primeros 15 minutos, empezando una reducción, aunque obteniendo una resistencia aún mayor sobre la resistencia base durante los 30 minutos y posteriormente hasta ser expuesto durante 1 hora, donde finalmente hay un aumento de reducción de resistencia a la compresión con respecto a la resistencia base. **(Ver Anexo 3.1)**



En la figura 37 se observa una creciente resistencia del concreto para diseño de $f'c=280\text{kg/cm}^2$ durante los primeros 30 minutos de exposición, posteriormente llega a disminuir hasta 236.87 kg/cm^2 . **(Ver Anexo 3.1)**

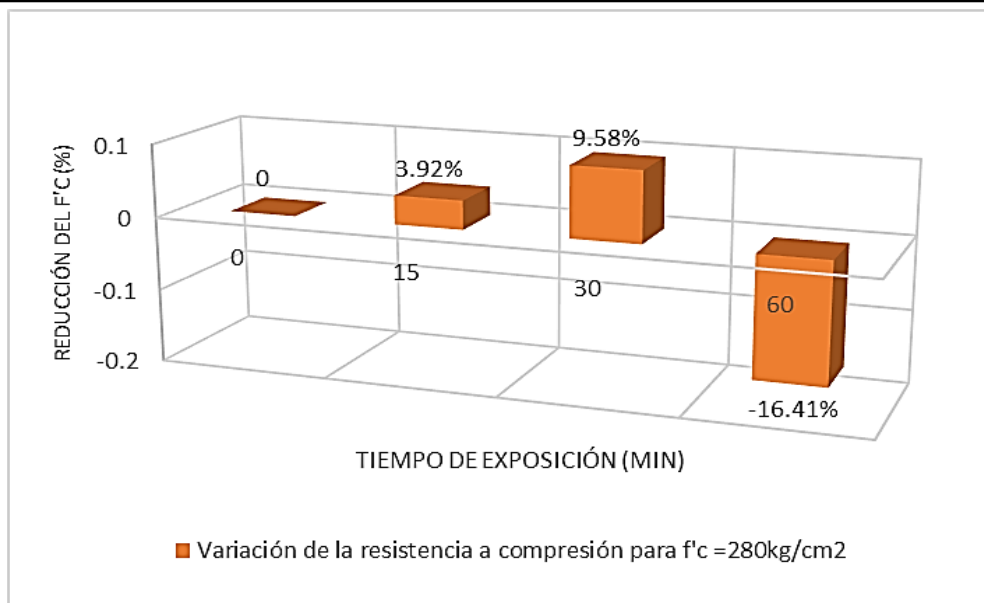


Figura 38. Variación de la resistencia a la compresión para $f'c=280\text{kg/cm}^2$ en porcentajes

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 38 se observa que para el concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ no hay reducción de la resistencia durante los primeros 30 minutos, siendo lo opuesto hasta ser expuesto durante 1 hora, donde finalmente hay un aumento de reducción de resistencia a la compresión. (**Ver Anexo 3.1**)

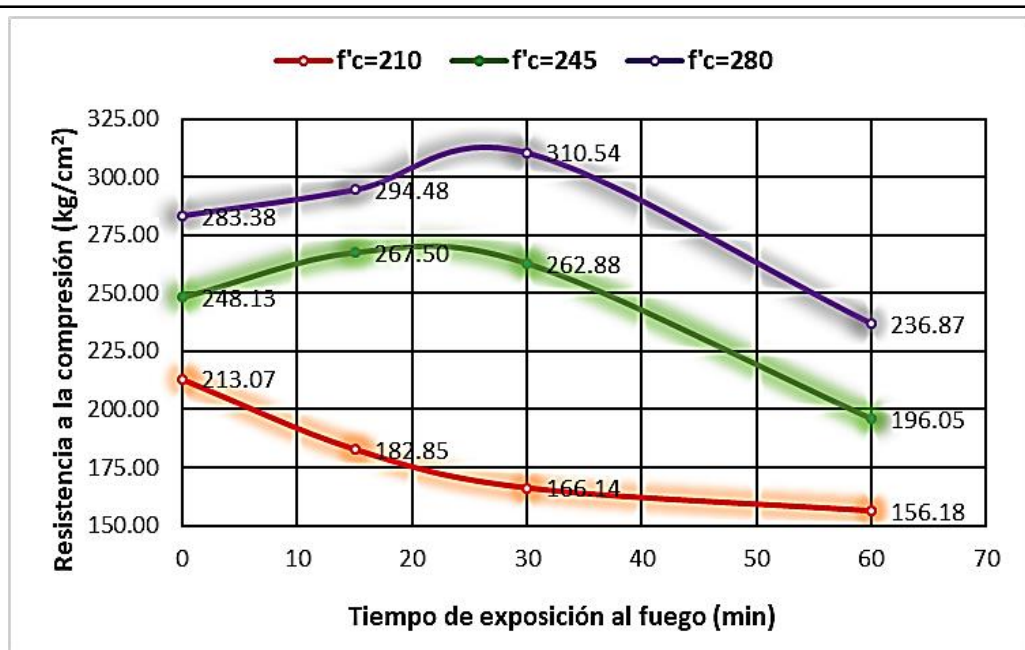


Figura 39. Resistencia a la compresión tras ser expuesto al fuego durante intervalos de tiempo de diferentes concretos de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 39 se observa que dependiendo de la resistencia de diseño el comportamiento a la compresión tras ser expuesto al fuego en intervalos de 15, 30 y 60 minutos varía notablemente, siendo la resistencia de diseño de 210kg/cm² la más afectada al ser expuesta, mientras que la resistencia de diseño de 245kg/cm² se comporta de manera favorable durante los primeros 15 minutos y por último la resistencia de diseño de 280kg/cm² no disminuye tras ser expuesta durante los primeros 30 minutos. Pero indiferentemente de la resistencia de diseño todas son afectadas tras haber transcurrido 60 minutos de exposición.

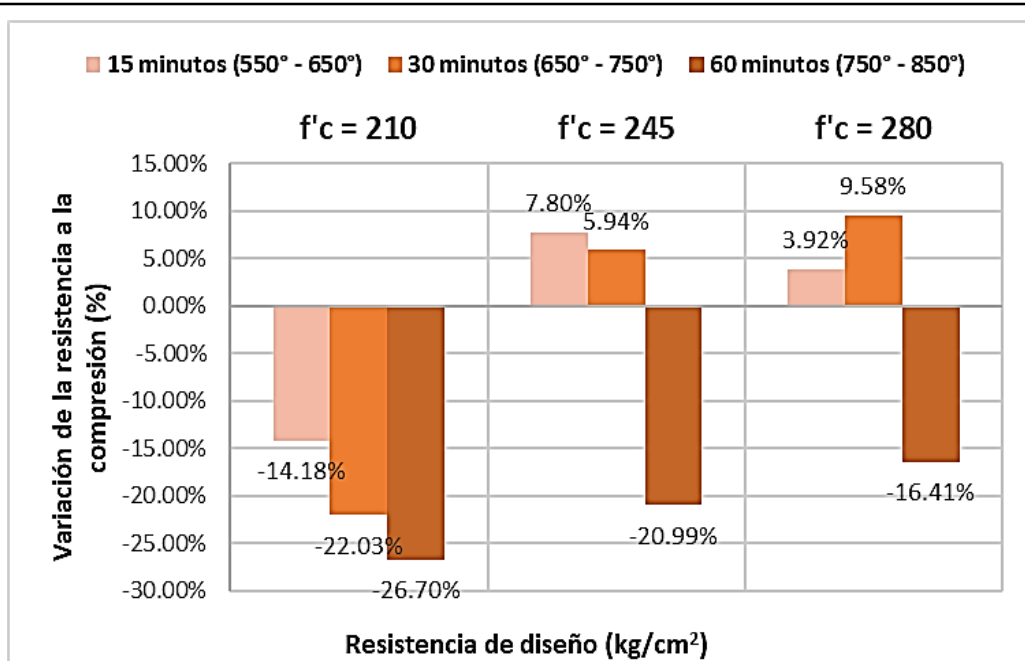
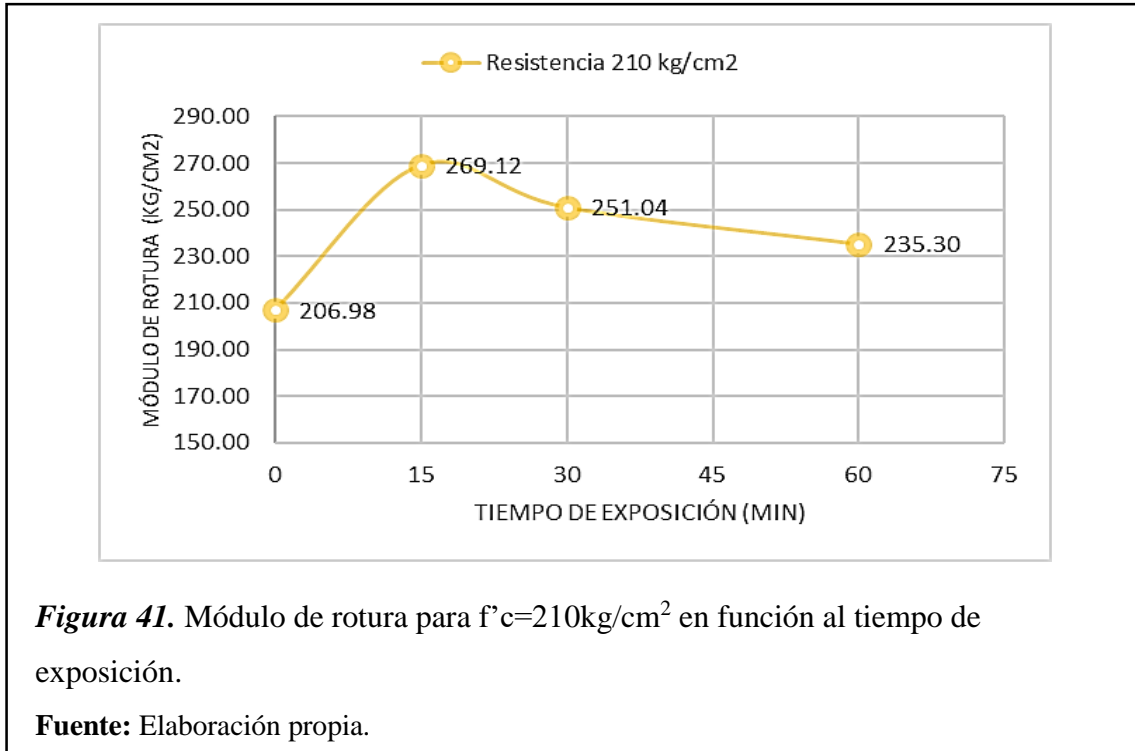


Figura 40. Variación de la resistencia a la compresión tras ser expuesto al fuego durante intervalos de tiempo de diferentes concretos de diseño.

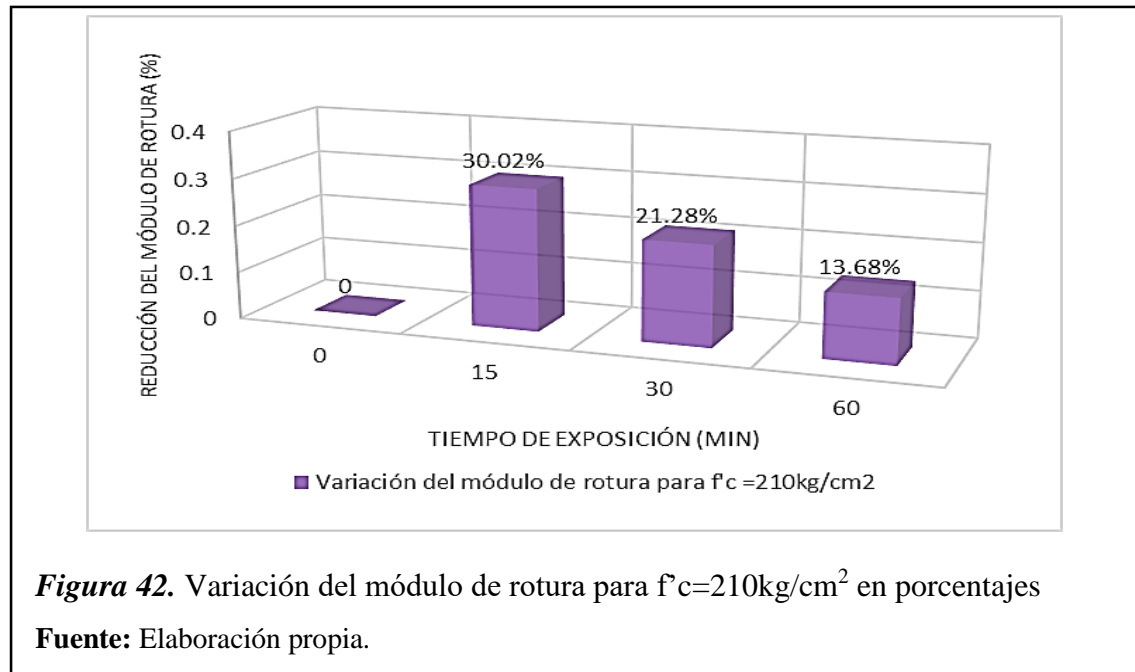
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 40 se observa una mayor variación en porcentaje de la resistencia del concreto tras ser expuesta al fuego durante 60 minutos en el concreto de diseño con menor $f'c$, variando en un 26.70% con respecto al patrón, mientras que las resistencias de diseño 245kg/cm² y 280kg/cm² varían en un 20.99% y 16.41% respectivamente.

3.1.4.2. Resistencia a la flexión



En la figura 41 se observa que al exponer el concreto armado durante un tiempo prolongado llega a tener un aumento del módulo de rotura durante los primeros 15 minutos, posteriormente a ello empieza a disminuir, aunque aún sigue presentando un módulo de rotura mayor. (Ver Anexo 3.2)



En la figura 42 se observa la variación en porcentajes del módulo de rotura durante la exposición del concreto al fuego para una viga con $f'c=210\text{kg/cm}^2$, llegando a aumentar

su resistencia en un 30.02% a los 15 minutos y manteniendo aún un aumento de 13.68 % con respecto a la resistencia de diseño durante 1 hora. (Ver Anexo 3.2)

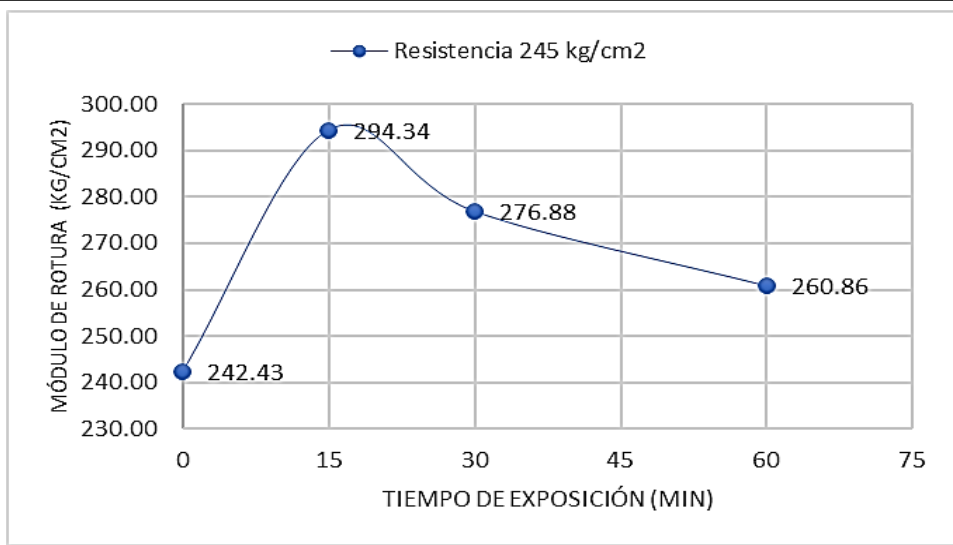


Figura 43. Módulo de rotura para $f'c=245\text{kg/cm}^2$ en función al tiempo de exposición.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 43 se observa que al exponer el concreto armado durante un tiempo prolongado llega a tener un aumento del módulo de rotura durante los primeros 15 minutos, posteriormente a ello empieza a disminuir, aunque aún sigue presentando un módulo de rotura mayor a los 60 minutos. (Ver Anexo 3.2)

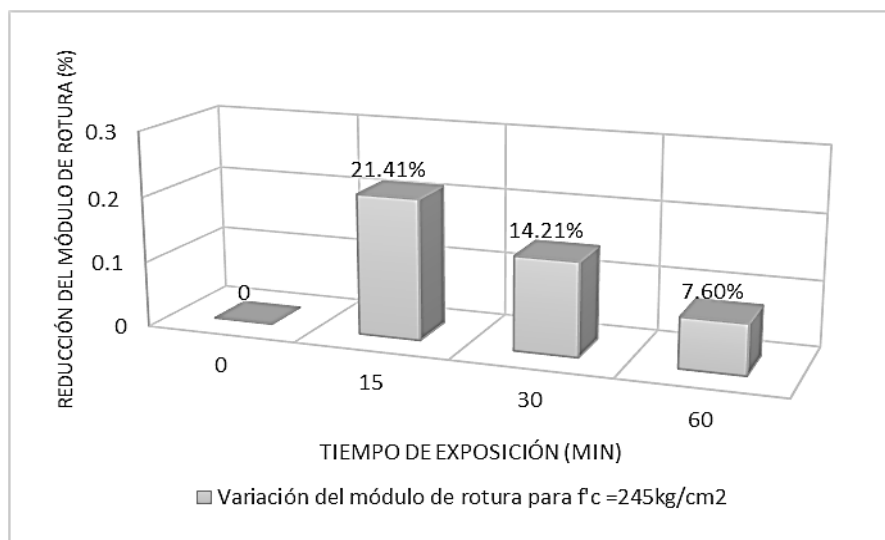
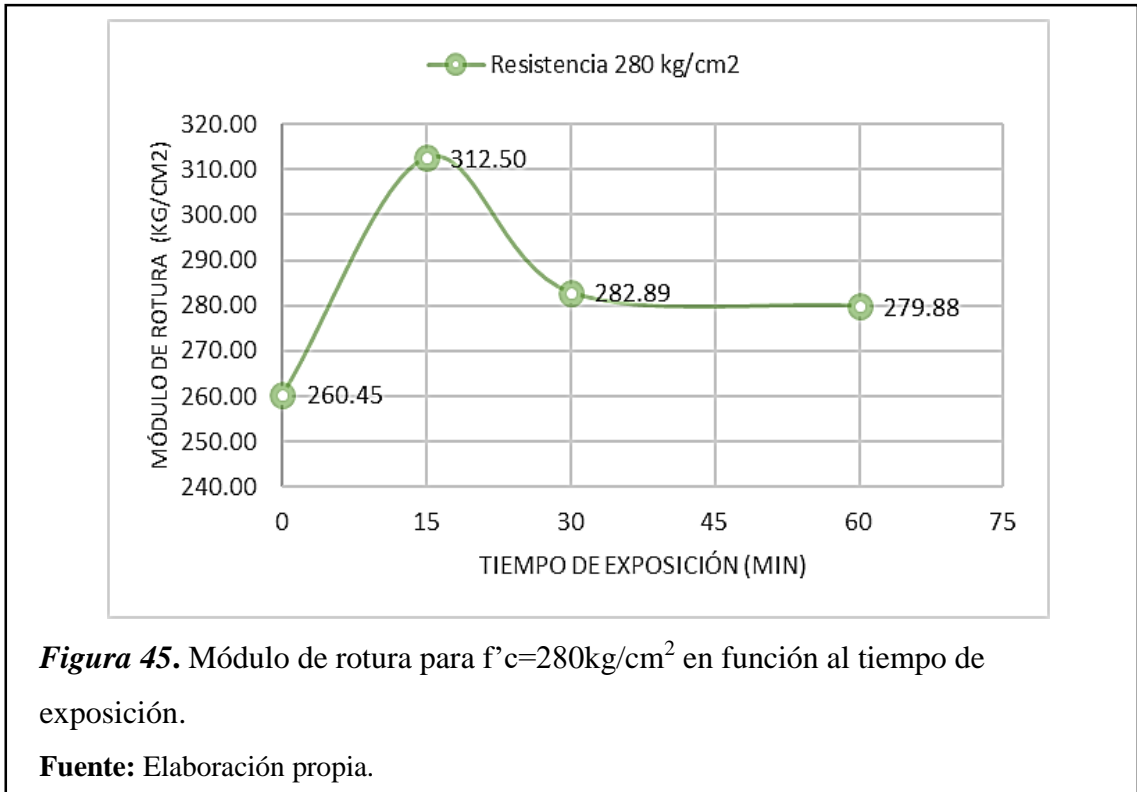


Figura 44. Variación del módulo de rotura para $f'c=245\text{kg/cm}^2$ en porcentajes

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 44 se observa la variación en porcentajes del módulo de rotura durante la exposición del concreto al fuego en tiempos determinados, llegando a aumentar su resistencia en un 21.41 % a los 15 minutos y manteniendo aún un aumento de 7.60% con respecto a la resistencia de diseño durante 1 hora. **(Ver Anexo 3.2)**



En la figura 45 se observa que al exponer el concreto armado durante un tiempo prolongado llega a tener un aumento del módulo de rotura durante los primeros 15 minutos, posteriormente a ello empieza a disminuir, aunque aún sigue presentando un módulo de rotura mayor a los 60 minutos. **(Ver Anexo 3.2)**

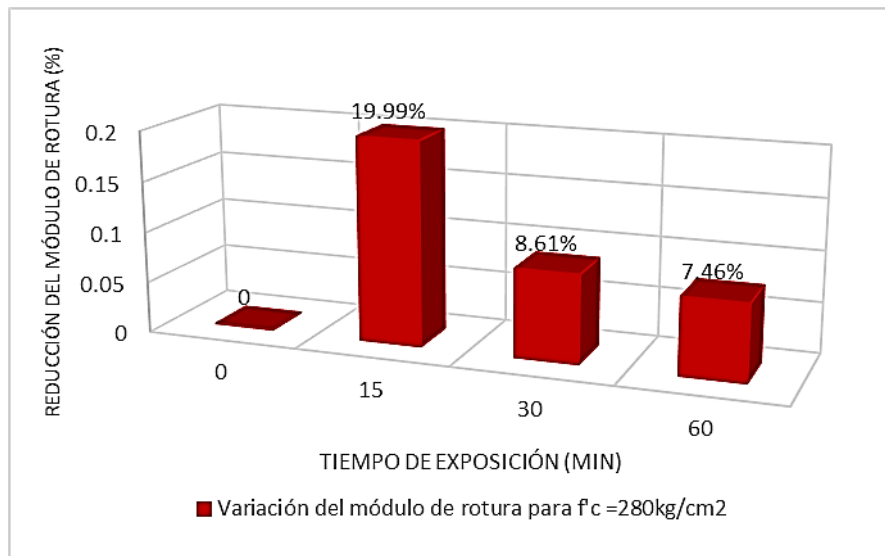


Figura 46. Variación del módulo de rotura para $f'c=280\text{kg/cm}^2$ en porcentajes

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 46 se observa la variación en porcentajes del módulo de rotura durante la exposición del concreto al fuego en tiempos determinados, llegando a aumentar su resistencia en un 19.99% a los 15 minutos y manteniendo aún un aumento de 7.46% con respecto a la resistencia de diseño durante 1 hora. **(Ver Anexo 3.2)**

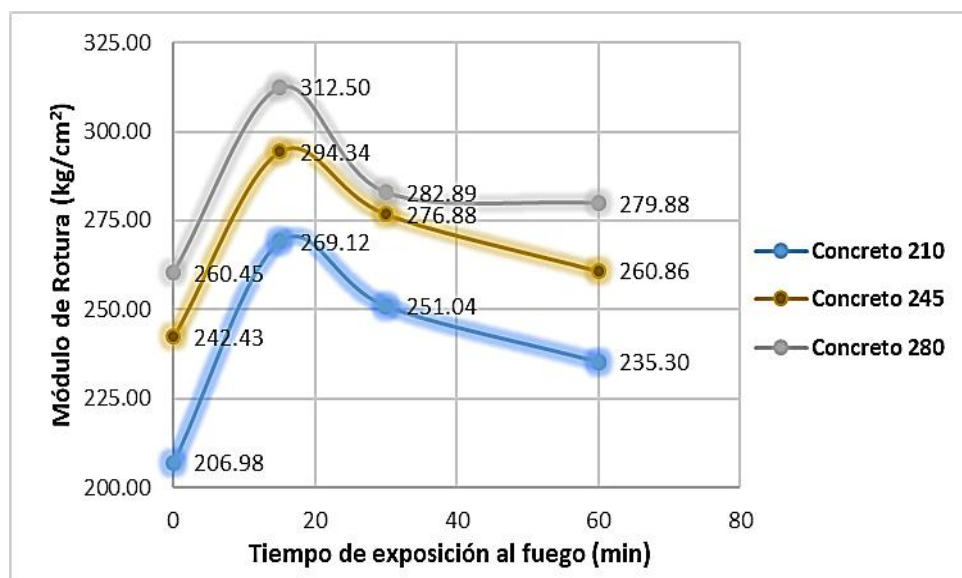
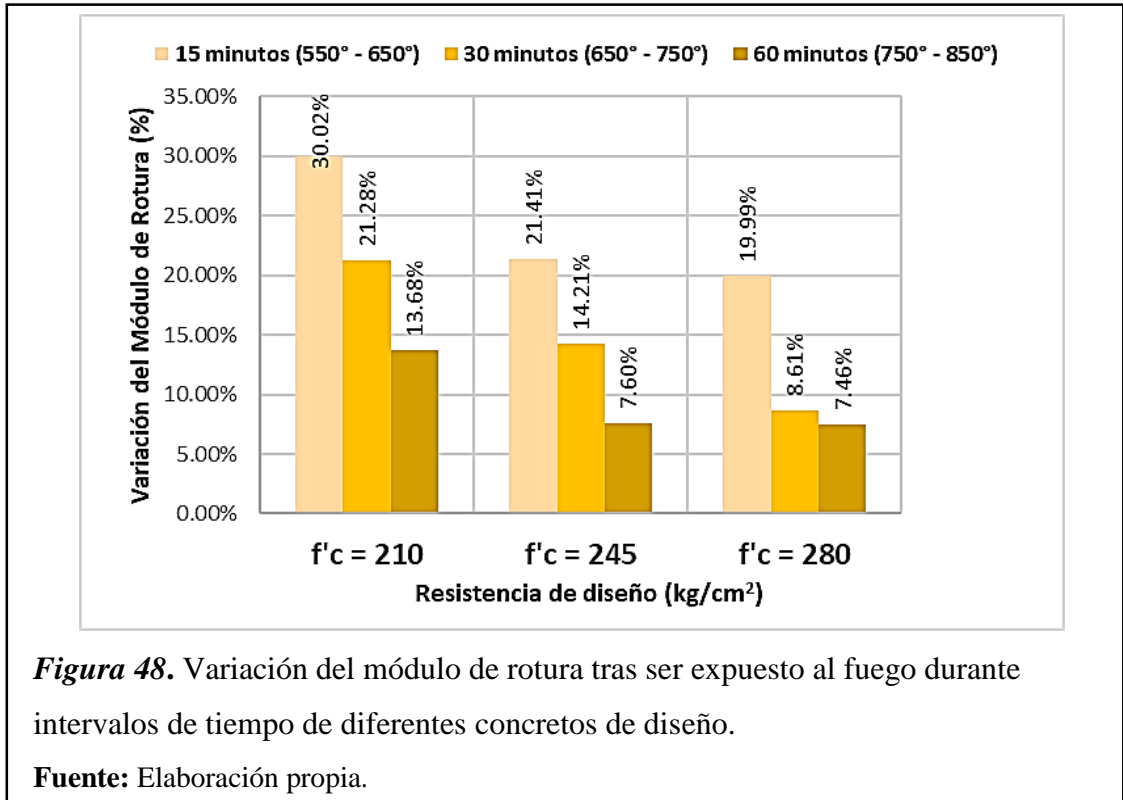


Figura 47. Módulo de rotura tras ser expuesto al fuego durante intervalos de tiempo de diferentes concretos de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 47 se presenta de manera comparativa el módulo de rotura de las tres resistencias de diseño de concreto tras ser expuesto al fuego en intervalos de 15, 30 y 60

minutos, para lo cual aún tras haberse encontrado expuesto durante 1 hora ninguno de los ejemplares disminuyó su módulo de rotura con respecto a la muestra sin exponer, obteniendo así módulos empezando en 206.98kg/cm², 242.43kg/cm² y 260.45kg/cm² terminando en 235.30kg/cm², 260.86kg/cm² y 279.88 kg/cm² respectivamente.



En la figura 48 se aprecia un notable aumento del módulo de rotura tras ser expuesto al fuego en los diferentes intervalos de 15, 30 y 60 minutos para las distintas resistencias de diseño, obteniendo un mejor comportamiento para el concreto 210kg/cm² con respecto al concreto 245kg/cm² y 280kg/cm², teniendo una variación del 13.68%, 7.60% y 7.46% respectivamente por encima del módulo de rotura sin exponerse al fuego.

3.2. Discusión de Resultados

3.2.1. Propiedades de los agregados

3.2.1.1. Análisis granulométrico

El módulo de fineza obtenido en la realización de este ensayo fue de 3.03, la **N.T.P 400.037 (2002)** indica que dicho valor se debe encontrar entre 2.30 y 3.10.

3.2.1.2. Peso unitario de los agregados

La **N.T.P 400.017 (2011)** menciona que el peso unitario de los agregados para el concreto se debe encontrar entre los límites de 1200 kg/m^3 a 1750 kg/m^3 , para lo cual, en la elaboración de los ensayos, los resultados obtenidos fueron de un peso unitario suelto seco 1403.88 kg/m^3 y 1398.79 kg/m^3 para el agregado fino y grueso respectivamente, mientras que el peso unitario compactado seco fue de 1592.72 kg/m^3 y 1508.95 kg/m^3 respectivamente de cada agregado.

3.2.1.3. Peso específico y absorción

El agregado grueso mostró un peso específico de 2718 kg/m^3 y un contenido de absorción de 1.037%, mientras que la **N.T.P 400.021 (2002)** indica que éste valor debe oscilar entre 2300 kg/m^3 y 2800 kg/m^3 , así mismo el contenido de absorción se debe encontrar entre 0.2% y 3%, lo cual se encuentra dentro de lo establecido.

Igualmente, la **N.T.P 400.022 (2002)** también establece parámetros para el agregado fino teniendo un rango de 2500 kg/m^3 y 2900 kg/m^3 para el peso específico y de 0% a 5% para el contenido de absorción, teniendo como resultado un peso específico de 2574 kg/m^3 y 0.766% de contenido de absorción.

3.2.1.4. Abrasión de los Ángeles

La **N.T.P 400.037 (2002)** señala que el porcentaje de desgaste por abrasión del agregado grueso no debe exceder al 50%, obteniendo como resultado un desgaste del 18%.

3.2.2. Diseño de mezcla

La **N.T.P 334.009 (2005)** muestra una clasificación de los tipos de cemento según el uso para el cual se desea emplear, para la elaboración de la investigación no se requiere de ninguna propiedad especial del cemento por lo cual se utilizó el Tipo I.

El **R.N.E. (2009)** indica en la norma E-060, que la resistencia mínima de concreto estructural no debe ser inferior a 17MPa (173.35 kg/cm^2), para lo cual se optó por realizar la presente investigación con resistencias de 210, 245 y 280 kg/cm^2 .

Huincho (2017) indicó que la relación agua/cemento influye en gran manera a la variación de resistencia, es decir a una menor relación agua/cemento el concreto tiene un mejor comportamiento lo cual, en los resultados obtenidos en la elaboración de la

investigación, se puede notar claramente la diferencia del comportamiento entre el $f'c=210\text{kg/cm}^2$ que tiene una relación $a/c=0.69$ y las muestras con $f'c=280\text{kg/cm}^2$ cuya relación $a/c=0.58$.

3.2.3. Vigas de concreto armado

Cabe recalcar que el **R.N.E. (2009)**, establece parámetros de recubrimiento, siendo de 4cm para vigas, además indicando uso de estribos de 8mm para barras longitudinales entre $5/8''-3/8''$ y de $5/8''$ para barras longitudinales de $1''-1/2''$, pero por motivos de manipulación de ensayos se optó por usar un recubrimiento de 1cm y estribos de $1/4''$ (6mm).

3.2.4. Propiedades mecánicas

3.2.4.1. Resistencia a la compresión

Huincho (2017) en su tesis de pregrado presentado en la Universidad Nacional de Ingeniería (Perú), expuso muestras durante un periodo de 1, 2 y 3 horas, obteniendo así una disminución de resistencia del 50% en la primera hora de exposición, en el presente proyecto los tiempos expuestos fueron de 15, 30 y 60 minutos, llegando a obtener una disminución final del 25.63% y el 15.40% para las resistencias 210kg/cm^2 y 280kg/cm^2 respectivamente.

Chauca & Cruz, (2014) en su tesis de pregrado presentado en la Universidad Nacional de Santa (Perú) evaluaron el comportamiento de un concreto de resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$, expuestos en intervalos progresivos de 30 minutos, alcanzando temperaturas desde los 500°C hasta los 800°C llegando a obtener disminuciones en un 41.6% y 47.0% a los 30 y 60 minutos respectivamente, observándose así una variación del 5.4% entre los 30 y 60 minutos, para lo cual en la realización de la investigación obtuve una variación del 4.74% entre esos intervalos a frente a una exposición entre 550°C y 750°C .

3.2.4.2. Resistencia a la flexión

A diferencia de la compresión del concreto, el módulo de rotura aún al ser expuesto durante 1 hora no presenta una reducción de la resistencia a la flexión por debajo del concreto sin exponer, según los datos obtenidos por el ingeniero Alvarado Aguirre en su tesis de pregrado presentado en la Universidad Técnica de Ambato (Ecuador), presentan una disminución del 17% del módulo de rotura a la media hora de exponer el concreto estructural al fuego, y una disminución del 25% a la hora.

Además de presentar un módulo de rotura 140.96 kg/cm^2 y 135.81 kg/cm^2 en dos muestras sin exponer al fuego con un diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, asemejándose entre el 64% al 67% de su resistencia a la compresión para lo cual, en la elaboración de la presente investigación, obtuve un módulo de rotura de 207.71 kg/cm^2 para un diseño de mezcla de

$f'_c=210\text{kg/cm}^2$, siendo el 98.9% de la resistencia a la compresión, además para un $f'_c=280\text{kg/cm}^2$, obtuve un módulo de rotura de 265.99 kg/cm^2 alcanzando el 95.0% de la resistencia a la compresión.

3.3. Aporte práctico

Según lo observado durante la ejecución de los ensayos, a pesar de contar con 1cm de espesor en el recubrimiento, el acero no llegó a quedar expuesto durante 60min, por lo cual el aumento del mismo puede llegar a mejorar esta resistencia y/o aumentar el tiempo al cual puede exponerse.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Las características obtenidas de los agregados fino y grueso procedente de la cantera Pátapo se encontraron dentro de los parámetros normados según las Normas Técnicas Peruanas.
- Las proporciones en peso obtenidas para la elaboración del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ fue de 1:2.44:2.23/29.4lt/pe³, así mismo para el concreto $f'c=245\text{kg/cm}^2$ fue de 1:2.17:2.00/26.7lt/pe³ y finalmente para el concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ fue de 1:1.95:1.81/24.6lt/pe³, reflejando así un mayor contenido de cemento para obtener una mayor resistencia cilíndrica a compresión del concreto.
- El elemento estructural (Viga) a ensayar se realizó no optando por los requisitos establecidos en la Norma E-060 del R.N.E. (exceptuando la distribución de estribos) debido a la limitación de manipulación, pero se trató de asemejar reflejándose así en los resultados obtenidos a flexión.
- Las temperaturas alcanzadas fueron en rangos de 550°C – 650°C, 650°C – 750°C y 750°C – 850°C, en tiempos de 15, 30 y 60 minutos respectivamente. El concreto con diseño de mayor $f'c$ (280kg/cm²) tiene un mejor comportamiento a la compresión y flexión tras ser expuesto al fuego comprobando así que la relación a/c es influyente en el comportamiento del concreto expuesto al fuego. Las variaciones de la resistencia a la compresión expuesta durante 1 hora son de 16.40% para un $f'c=280\text{kg/cm}^2$, 20.99% para $f'c=245\text{kg/cm}^2$ y de 26.70% para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$.
- Durante la exposición de 1 hora de las vigas de concreto armado, ninguna llegó a dejar el acero en total descubierto, por ello un buen recubrimiento, la sección de una viga y una buena distribución de acero pueden llegar a influir en el comportamiento del concreto armado frente al fuego.

4.2. Recomendaciones

- Se debe usar un equipo de seguridad adecuado y herramientas que permitan el manejo y control de la temperatura, además de la precaución necesaria para la colocación y retiro de los especímenes a ensayar.
- Debido a que no se puede controlar una temperatura fija, se debe establecer un rango a mantener para la exposición del fuego.
- Procurar al ensayar la resistencia del elemento expuesto al fuego, no enfríe en su totalidad, debido a que puede recuperar un porcentaje de su resistencia.
- En el desarrollo de este proyecto se analizó un elemento individualmente, se recomienda realizar el estudio de un pórtico a escala para observar la interacción columna – viga frente a la exposición del fuego.

REFERENCIAS

- A. de Souza, A., & Moreno, A. (2010). The Effect of High Temperatures on Concrete Compression Strength, Tensile Strength and Deformation Modulus. *IBRACON Estruturas and Materials Journal*, 432-448.
- Abanto, F. (2016). *Tecnología del concreto (Teorías y Problemas)*. Lima, Perú: San Marcos.
- Alvarado, G. (2016). *Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica*. Chiclayo.
- Chauca, D., & Cruz, M. (2014). *Evaluación del concreto $F'c=210\text{Kg/cm}^2$ a altas temperaturas*. Chimbote, Perú: Universidad Nacional del Santa.
- CIP. (1999). *Código de ética del CIP*.
- CNN. (1 de Mayo de 2018). *CNN Español*. Obtenido de <http://cnnespanol.cnn.com/2018/05/01/incendio-en-un-edificio-de-sao-paulo-brasil-deja-al-menos-un-muerto/>
- Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú. (09 de Noviembre de 2018). *Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú*. Obtenido de http://www.bomberosperu.gob.pe/po_muestra_esta.asp
- Dem S.A. (2017). *Seguridad contra incendios 4ta ed*. Buenos Aires.
- Diario Exitosa. (29 de Junio de 2018). *Exitosa Noticias*. Obtenido de <https://exitosanoticias.pe/es-posible-restaurar-edificio-afectado-durante-incendio-en-las-malvinas/>
- Flores, P., & Reyes, M. (2012). *Evaluación del efecto del mortero sobre la resistencia del concreto a compresión al someterlo al fuego*. Carabobo, Venezuela: Universidad de Carabobo.
- Grupo El Comercio. (27 de Junio de 2017). *El comercio*. Obtenido de <https://elcomercio.pe/peru/lambayeque/siete-muertos-incendio-chiclayo-437798>
- Hernández, N. (2010). Efecto del fuego sobre resistencia a compresión de un elemento de concreto de resistencia de 210 Kg/cm². *Revista Ingeniería UC*, Vol.17 N°2, 38-43.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1991). *Metodología de la Investigación*. Monterrey: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Huincho, M. (2017). *Evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo*. Lima, Perú: Universidad nacional de ingeniería.
- N.T.P. 334.009. (2005). *CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos*. Lima, Perú.
- N.T.P. 400.037. (2000). *AGREGADOS. Requisitos*. Lima, Perú.
- Namakforoosh, M. (2005). *Metodología de la Investigación*. México: Limusa.
- NTP 334.001. (2001). *Cemento: Definiciones y nomenclatura*. Lima, Perú.

- NTP 339.047. (2006). *HORMIGON (CONCRETO): Definiciones y terminología relativas al hormigón*. Lima, Perú.
- NTP 339.088. (2014). *Requisitos de la calidad del agua para el concreto*. Lima, Perú.
- NTP 400.011. (2008). *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos*. Lima, Perú.
- NTP 400.012. (2013). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado*. Lima.
- NTP 400.021. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú.
- NTP 400.022. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima, Perú.
- Orozco, R. (2006). *Patología del concreto*. Michoacán, México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Paredes, F. (2006). Incendio en palacio municipal de Chiclayo. *BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERÚ N°40*, 06-07.
- Portugal, P. (2007). *Tecnología del concreto de alto desempeño*. París: Lafayette.
- Rivera, G. (s.f.). *Concreto simple*. Popayán, Colombia: Universidad del Cauca.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima, Perú: Capítulo Peruano ACI.
- RNE. (2009). *Norma E-060: Concreto armado*. Lima.
- The Center of Fire Statistics. (2018). *World Fire Statistic N°23*. Moscow: International Association of Fire and Rescue Services.
- USS. (2017). *Código de ética de investigación de la USS*. Chiclayo.

ANEXOS

ANEXO 1 – GUIAS DE OBSERVACIÓN

ANEXO 1.1 – ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS

ANEXO 1.2. – PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

ANEXO 1.3 – PESO ESPECÍFICO Y CONTENIDO DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

ANEXO 1.4 – PORCENTAJE DE DESGASTE A LA ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO

ANEXO 2 – GUIAS DE DISEÑO DE MEZCLA

ANEXO 2.1 – RECOLECCIÓN DE DATOS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

ANEXO 2.2 – RECOLECCIÓN DE DATOS DEL DISEÑO DE MEZCLA

ANEXO 3 – ENSAYOS DE PRUEBAS ESTÁNDAR DE EXPOSICIÓN AL FUEGO

ANEXO 3.1 – ENSAYO DE COMPRESIÓN EN MUESTRAS CILÍNDRICAS

ANEXO 3.2 – ENSAYO DE FLEXIÓN CON CARGA DE LUZ AL CENTRO

ANEXO 4 – FICHA TÉCNICA Y CERTIFICADO DE CALIDAD Y VALIDACIÓN DEL PIRÓMETRO TERMÓMETRO LASER

ANEXO 5 – PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO 6 – PRESUPUESTO DEL PROYECTO

ANEXO 1 – GUIAS DE OBSERVACIÓN

**ANEXO 1.1 – ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS
AGREGADOS**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS:

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPOS. LAMBAYEQUE. 2018

TESISTA:

MEZA CALDERÓN, Erick Bryan

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
 Referencia : Norma ASTM C-136 o N.T.P. 400.012

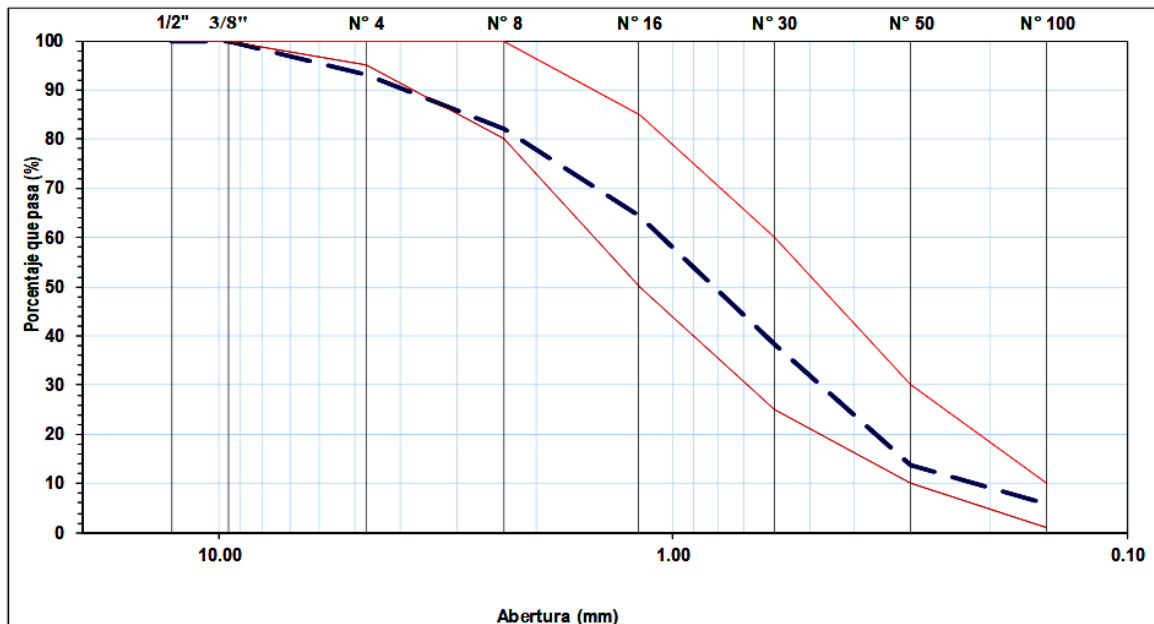
Peso inicial: **2500.000** gr
 Muestra: **Pátapo**

Malla		Peso	%	% Acumulado	% Acumulado
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Retenido	Que pasa
1/2"	12.700	0.00	0.000	0.000	100.000
3/8"	9.520	0.00	0.000	0.000	100.000
Nº 4	4.750	171.00	6.840	6.840	93.160
Nº 8	2.360	275.00	11.000	17.840	82.160
Nº 16	1.180	447.00	17.880	35.720	64.280
Nº 30	0.600	652.00	26.080	61.800	38.200
Nº 50	0.300	609.00	24.360	86.160	13.840
Nº 100	0.150	201.00	8.040	94.200	5.800
FONDO		145.00	5.800	100.000	0.000

Módulo de fineza = **3.026**

Abertura de malla de referencia = **4.750**

CURVA GRANULOMETRICA AGREGADO FINO



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS:

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPOS. LAMBAYEQUE. 2018

TESISTA:

MEZA CALDERÓN, Erick Bryan

Ensayo : **Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso**
Referencia : **Norma ASTM C-136 o N.T.P. 400.012**

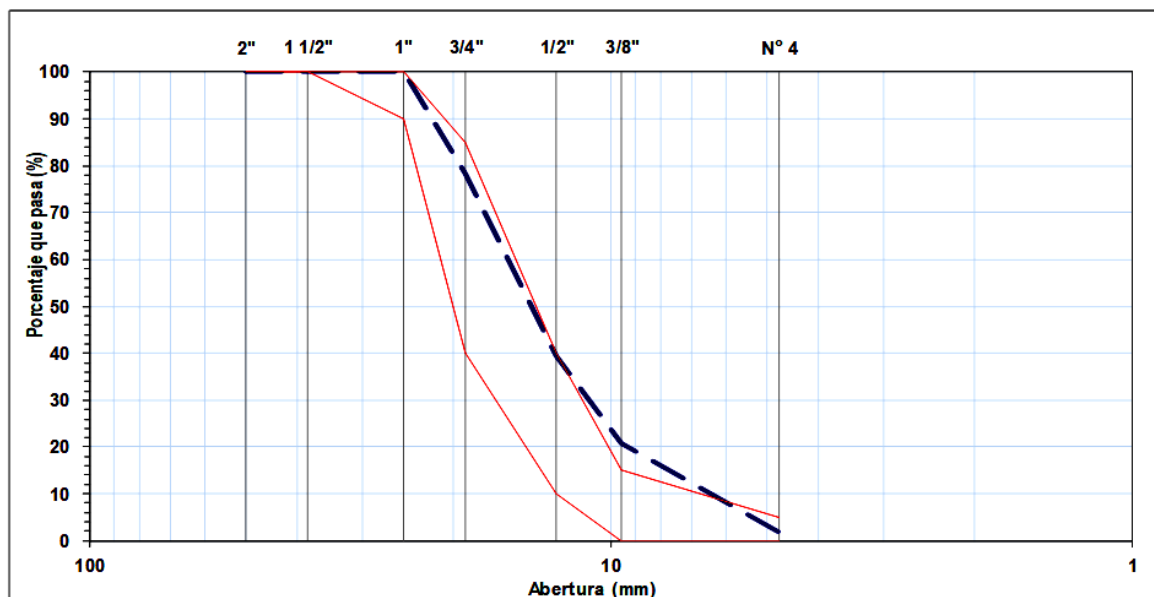
Peso inicial: **3500.000** gr

Muestra: **Pátapo**

Malla		Peso Retenido	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
Pulg.	(mm.)				
2"	50.000	0.000	0.000	0.000	100.000
1 1/2"	38.000	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.000	0.000	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.000	757.000	21.629	21.629	78.371
1/2"	12.700	1358.000	38.800	60.429	39.571
3/8"	9.520	658.000	18.800	79.229	20.771
N° 4	4.750	660.000	18.857	98.086	1.914
FONDO		67.000	1.914	100.000	0.000

Tamaño Máximo = **1"**
 Tamaño Máximo Nominal = **3/4"**

**CURVA GRANULOMETRICA
AGREGADO GRUESO**



ANEXO 1.2. – PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS:

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPOS. LAMBAYEQUE. 2018

TESISTA:

MEZA CALDERÓN, Erick Bryan

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 o N.T.P. 400.017

Muestra: Pátapo

1.- PESO UNITARIO SUELTO

		A	B
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9185	9265
Peso del recipiente	(gr.)	5285	5285
Peso de muestra	(gr.)	3900	3980
Constante o Volumen	(m ³)	0.002776	0.00278
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1405.04	1433.86
Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1419.45	
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1403.88	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

		A	B
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9725	9785
Peso del recipiente	(gr.)	5285	5285
Peso de muestra	(gr.)	4440	4500
Constante o Volumen	(m ³)	0.002776	0.002776
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1599.59	1621.20
Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1610.39	
Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)	1592.72	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 o N.T.P. 339.185

3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

		A	B
1. Peso de muestra húmeda	(gr.)	314.00	320.00
2. Peso de muestra seca	(gr.)	311.00	317.00
3. Peso de recipiente	(gr.)	46.00	41
4. Contenido de humedad	(%)	1.13	1.09
5. Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.110	

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS:

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN
INTERVALOS DE TIEMPOS. LAMBAYEQUE. 2018**

TESISTA:

MEZA CALDERÓN, Erick Bryan

Ensayo : **Peso unitario del agregado grueso**
Referencia : **Norma ASTM C-29 o N.T.P. 400.017**

Muestra: **Pátapo**

1.- PESO UNITARIO SUELTO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	30930	30975
Peso del recipiente	(gr.)	11460	11460
Peso de muestra	(gr.)	19470	19515
Constante o Volumen	(m ³)	0.013910	0.013910
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1399.72	1402.96
Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)		1401.34
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)		1398.79

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	32325	32650
Peso del recipiente	(gr.)	11460	11460
Peso de muestra	(gr.)	20865	21190
Constante o Volumen	(m ³)	0.013910	0.013910
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1500.01	1523.38
Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)		1511.69
Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)		1508.95

Ensayo : **Contenido de humedad del agregado grueso**
Referencia : **Norma ASTM C-535 o N.T.P. 339.185**

3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

1. Peso de muestra húmeda	(gr.)	648.00	671.00
2. Peso de muestra seca	(gr.)	647.00	670.00
3. Peso de recipiente	(gr.)	101.00	117
4. Contenido de humedad	(%)	0.183	0.181
5. Contenido de humedad (promedio)	(%)		0.182

**ANEXO 1.3 – PESO ESPECÍFICO Y CONTENIDO DE ABSORCIÓN
DE LOS AGREGADOS**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS:

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE
TIEMPOS. LAMBAYEQUE. 2018**

TESISTA:

MEZA CALDERÓN, Erick Bryan

Ensayo : **Peso específico y Absorción del agregado fino**
Referencia : **Norma ASTM C-127 o N.T.P. 400.021**

Muestra: **Pátapo**

I. DATOS

1. Peso de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)	500.00	500.00	
2. Peso de la muestra saturada superficialmente seca + Peso del frasco + Peso del agua	(gr)	981.40	981.40	
3. Peso de la muestra saturada superficialmente seca + peso del frasco	(gr)	678.00	678.00	
4. Peso del agua	(gr)	303.40	303.40	
5. Peso del frasco	(gr)	178.00	178.00	
6. Peso de la muestra secada al horno + Peso del frasco	(gr)	674.20	674.20	
7. Peso de la muestra secada al horno	(gr)	496.20	496.20	
8. Volumen del frasco	(cm ³)	500.00	500.00	500.00

II.- RESULTADOS

				Promedio
A. PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.524	2.524	2.524
B. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.574	2.574	2.574
C. PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.574	2.574	2.574
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.766	0.766	0.766

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS:

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPOS. LAMBAYEQUE. 2018

TESISTA:

MEZA CALDERÓN, Erick Bryan

Ensayo **Peso específico y Absorción del agregado grueso**
Referencia **Norma ASTM C-127 o N.T.P. 400.022**

Muestra: **Pátapo**

I. DATOS

1.- Peso de la muestra secada al horno	(gr)	3761	3761
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)	3800	3800
3.- Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	(gr)	3397	3397
4.- Peso de la canastilla	(gr)	995	995
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(gr)	2402	2402

II .- RESULTADOS

				Promedio
A. PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.69	2.69	2.690
B. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.72	2.72	2.718
C. PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.77	2.77	2.767
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.04	1.04	1.037

**ANEXO 1.4 – PORCENTAJE DE DESGASTE A LA ABRASIÓN DEL
AGREGADO GRUESO**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS:

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL GUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPOS. LAMBAYEQUE. 2018

TESISTA:

MEZA CALDERÓN, Erick Bryan

Ensayo : Método de prueba estándar para determinar la resistencia a la degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión en la Máquina de los Ángeles
Referencia : Norma ASTM C 131-14

Peso inicial: 10000.000 gr

Muestra: Pátapo

Malla	Peso	%	% Acumulado	% Acumulado
Pulg. (mm.)	Retenido	Retenido	Retenido	Que pasa
1 1/2"	50.000	0.000	0.000	100.000
1"	38.000	235.000	2.350	97.650
3/4"	25.000	2506.000	25.060	72.590
1/2"	19.000	4806.000	48.060	24.530
3/8"	12.700	1547.000	15.470	9.060
1/4"	9.520	831.000	8.310	0.750
N° 4	4.750	75.000	0.750	0.000
FONDO	0.000	0.000	100.000	0.000

Tamaño Máximo = 1"
Tamaño Máximo Nominal = 3/4"
Método de ensayo a utilizar = TIPO A

I. PORCENTAJE DE DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO

1.- Masa de la muestra original	(gr)	5006
2.- Masa de la muestra después del ensayo	(gr)	4102
3.- Porcentaje de desgaste	(%)	18.06

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
LABORATORISTA L.E.M. - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Ing. Omar Coronado Zuloeta
JEFE L.E.M.

ANEXO 2 – GUÍAS DE DISEÑO DE MEZCLA

**ANEXO 2.1 – RECOLECCIÓN DE DATOS DE LAS PROPIEDADES
DEL AGREGADO PARA EL DISEÑO DE MEZCLA**

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPO, LAMBAYEQUE. 2018

Tesista: MEZA CALDERÓN, Erick Bryan

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL

$F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

CEMENTO

1.- Tipo de cemento: Tipo I-Mochica

2.- Peso específico: 2940 kg/m^3

AGREGADOS:

Agregado fino:

Arena - Pátapo

1.- Peso específico de masa	2.524	gr/cm^3
2.- Peso específico de masa SSS	2.574	gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1403.876	Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1592.722	Kg/m^3
5.- % de absorción	0.766	%
6.- Contenido de humedad	1.110	%
7.- Módulo de fineza	3.026	

Agregado grueso:

Piedra chancada - Pátapo

1.- Peso específico de masa	2.690	gr/cm^3
2.- Peso específico de masa SSS	2.718	gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1398.795	Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1508.947	Kg/m^3
5.- % de absorción	1.037	%
6.- Contenido de humedad	0.182	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.
9.- % de desgaste	18.06	%

Granulometría:

Malla	% Retenido	% Acumulado Que pasa
1/2"	0.000	100.000
3/8"	0.000	100.000
N° 4	6.840	93.160
N° 8	11.000	82.160
N° 16	17.880	64.280
N° 30	26.080	38.200
N° 50	24.360	13.840
N° 100	8.040	5.800
FONDO	5.800	0.000

Malla	% Retenido	% Acumulado Que pasa
2"	0.000	100.000
1 1/2"	0.000	100.000
1"	0.000	100.000
3/4"	21.629	78.371
1/2"	38.800	39.571
3/8"	18.800	20.771
N° 4	18.857	1.914
FONDO	1.914	0.000

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 INGENIERO EN MATERIALES

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE I. E. M.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPO, LAMBAYEQUE. 2018

Tesista: MEZA CALDERÓN, Erick Bryan

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F_c = 245 \text{ kg/cm}^2$

CEMENTO

- 1.- Tipo de cemento: Tipo I-Mochica
- 2.- Peso específico: 2940 kg/m^3

AGREGADOS:

Agregado fino:

Arena - Pátapo

1.- Peso específico de masa	2.524	gr/cm^3
2.- Peso específico de masa SSS	2.574	gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1403.876	Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1592.722	Kg/m^3
5.- % de absorción	0.766	%
6.- Contenido de humedad	1.110	%
7.- Módulo de fineza	3.026	

Agregado grueso:

Piedra chancada - Pátapo

1.- Peso específico de masa	2.690	gr/cm^3
2.- Peso específico de masa SSS	2.718	gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1398.795	Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1508.947	Kg/m^3
5.- % de absorción	1.037	%
6.- Contenido de humedad	0.182	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.
9.- % de desgaste	18.06	%

Granulometría:

Malla	% Retenido	% Acumulado Que pasa
1/2"	0.000	100.000
3/8"	0.000	100.000
Nº 4	6.840	93.160
Nº 8	11.000	82.160
Nº 16	17.880	64.280
Nº 30	26.080	38.200
Nº 50	24.360	13.840
Nº 100	8.040	5.800
FONDO	5.800	0.000

Malla	% Retenido	% Acumulado Que pasa
2"	0.000	100.000
1 1/2"	0.000	100.000
1"	0.000	100.000
3/4"	21.629	78.371
1/2"	38.800	39.571
3/8"	18.800	20.771
Nº 4	18.857	1.914
FONDO	1.914	0.000



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.F.M. - 1155



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE L.F.M.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPO, LAMBAYEQUE. 2018

Tesista: MEZA CALDERÓN, Erick Bryan

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL

$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

CEMENTO

1.- Tipo de cemento: Tipo I-Mochica

2.- Peso específico: 2940 kg/m^3

AGREGADOS:

Agregado fino:

Arena - Pátapo

1.- Peso específico de masa	2.524	gr/cm^3
2.- Peso específico de masa SSS	2.574	gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1403.876	Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1592.722	Kg/m^3
5.- % de absorción	0.766	%
6.- Contenido de humedad	1.110	%
7.- Módulo de fineza	3.026	

Agregado grueso:

Piedra chancada - Pátapo

1.- Peso específico de masa	2.690	gr/cm^3
2.- Peso específico de masa SSS	2.718	gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1398.795	Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1508.947	Kg/m^3
5.- % de absorción	1.037	%
6.- Contenido de humedad	0.182	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.
9.- % de desgaste	18.06	%

Granulometría:

Malla	% Retenido	% Acumulado Que pasa
1/2"	0.000	100.000
3/8"	0.000	100.000
Nº 4	6.840	93.160
Nº 8	11.000	82.160
Nº 16	17.880	64.280
Nº 30	26.080	38.200
Nº 50	24.360	13.840
Nº 100	8.040	5.800
FONDO	5.800	0.000

Malla	% Retenido	% Acumulado Que pasa
2"	0.000	100.000
1 1/2"	0.000	100.000
1"	0.000	100.000
3/4"	21.629	78.371
1/2"	38.800	39.571
3/8"	18.800	20.771
Nº 4	18.857	1.914
FONDO	1.914	0.000

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.U.

 TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.E.M.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN SAC.

 Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE L.E.M.

**ANEXO 2.2 – RECOLECCIÓN DE DATOS DEL DISEÑO DE
MEZCLA**

Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPO, LAMBAYEQUE. 2018

Tesista: MEZA CALDERÓN, Erick Bryan

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL
CONCRETO PATRON

F'c = 210 kg/cm²

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	3 3/4	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2374	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	8.80	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.692	
Contenido de aire atrapado	:	1.9	%

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	373	Kg/m ³	Pórtland Tipo I
Agua	258	L	Potable de la zona
Agregado fino	911	Kg/m ³	Cantera Pátapo
Agregado grueso	832	Kg/m ³	Cantera Pátapo

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	2.44	2.23	29.4 Lts/pie ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	2.62	2.40	29.4 Lts/pie ³

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.E.M. - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE L.E.M.

Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPO, LAMBAYEQUE. 2018

Tesista: MEZA CALDERÓN, Erick Bryan

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL

CONCRETO PATRON

$F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 3 1/2 Pulgadas
 Peso unitario del concreto fresco : 2388 Kg/m³
 Factor cemento por M³ de concreto : 9.70 bolsas/m³
 Relación agua cemento de diseño : 0.629
 Contenido de aire atrapado : 1.9 %

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	412	Kg/m ³	Pórtland Tipo I
Agua	259	L	Potable de la zona
Agregado fino	894	Kg/m ³	Cantera Pátapo
Agregado grueso	823	Kg/m ³	Cantera Pátapo

Proporción en peso:


Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	2.17	2.00	26.7 Lts/pe ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	2.32	2.15	26.7 Lts/pe ³

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.E.M. - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 Ing. Omar Carlos Zuloeta
 JEFE L.E.M.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPO, LAMBAYEQUE. 2018

Tesista: MEZA CALDERÓN, Erick Bryan

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL CONCRETO PATRON

$$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	3 1/8	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2398	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	10.60	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.578	
Contenido de aire atrapado	:	2.1	%

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	450	Kg/m ³	Pórtland Tipo I
Agua	260	L	Potable de la zona
Agregado fino	875	Kg/m ³	Cantera Pátapo
Agregado grueso	814	Kg/m ³	Cantera Pátapo

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.95	1.81	24.6 Lts/pie ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	2.09	1.95	29.4 Lts/pie ³

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.R.L.

ING. WILSON A. OLAYA AGUILAR
LABORATORISTA L.E.M. - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Ing. Omar Coronado Zuloeta
JEFE L.E.M.

**ANEXO 3 – ENSAYOS DE PRUEBAS ESTÁNDAR DE EXPOSICIÓN AL
FUEGO**

**ANEXO 3.1 – ENSAYO DE COMPRESIÓN EN MUESTRAS
CILÍNDRICAS**

**USS | UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**
FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
NTP 339.034 / ASTM C-39

Tesista: Meza Calderón, Erick Bryan

Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPO, LAMBAYEQUE. 2018

Ubicación: Distrito de Pimental, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú.

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Tiempo de exposición	T° alcanzada (°C)	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	F'c Kg/Cm ²
01	CP 210-1	0	0	22/09/2018	23/10/2018	31	213
02	CP 210-2	0	0	22/09/2018	23/10/2018	31	210
03	CP 210-3	0	0	22/09/2018	23/10/2018	31	217
04	CP 210-4	15	550 - 650	22/09/2018	23/10/2018	31	186
05	CP 210-5	15	550 - 650	22/09/2018	23/10/2018	31	184
06	CP 210-6	15	550 - 650	22/09/2018	23/10/2018	31	179
07	CP 210-7	30	650 - 750	22/09/2018	23/10/2018	31	162
08	CP 210-8	30	650 - 750	22/09/2018	23/10/2018	31	164
09	CP 210-9	30	650 - 750	22/09/2018	23/10/2018	31	173
10	CP 210-10	60	750 - 850	22/09/2018	23/10/2018	31	150
11	CP 210-11	60	750 - 850	22/09/2018	23/10/2018	31	159
12	CP 210-12	60	750 - 850	22/09/2018	23/10/2018	31	159

NOTA ILUSTRATIVA : Una muestra de concreto de acuerdo al reglamento nacional de edificación la constituyen dos muestras (probetas), para cada edad y calidad de concreto.


UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

TCO WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA I.E.M. - USS.


UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE I.E.M.

**USS | UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**
FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
NTP 339.034 / ASTM C-39

Tesista: Meza Calderón, Erick Bryan

Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPO, LAMBAYEQUE. 2018

Ubicación: Distrito de Pimental, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú.

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Tiempo de exposición	T° alcanzada (°C)	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	F'c Kg/Cm ²
01	CP 280 - 1	0	0	22/09/2018	23/10/2018	31	280
02	CP 280 - 2	0	0	22/09/2018	23/10/2018	31	281
03	CP 280 - 3	0	0	22/09/2018	23/10/2018	31	289
04	CP 280 - 4	15	550 - 650	22/09/2018	23/10/2018	31	296
05	CP 280 - 5	15	550 - 650	22/09/2018	23/10/2018	31	285
06	CP 280 - 6	15	550 - 650	22/09/2018	23/10/2018	31	303
07	CP 280 - 7	30	650 - 750	22/09/2018	23/10/2018	31	307
08	CP 280 - 8	30	650 - 750	22/09/2018	23/10/2018	31	309
09	CP 280 - 9	30	650 - 750	22/09/2018	23/10/2018	31	316
10	CP 280 - 10	60	750 - 850	22/09/2018	23/10/2018	31	238
11	CP 280 - 11	60	750 - 850	22/09/2018	23/10/2018	31	236
12	CP 280 - 12	60	750 - 850	22/09/2018	23/10/2018	31	-

NOTA ILUSTRATIVA : Una muestra de concreto de acuerdo al reglamento nacional de edificación la constituyen dos muestras (probetas), para cada edad y calidad de concreto.



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
LABORATORISTA L.E.M. - USS.



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Ing. Omar Coronado Zuloeta
JEFE L.E.M.

**ANEXO 3.2 – ENSAYO DE FLEXIÓN CON CARGA DE LUZ AL
CENTRO**

**USS | UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**
FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES


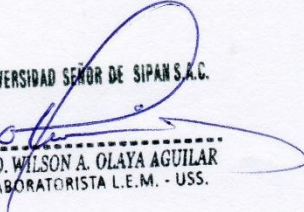
ENSAYO DEL ESFUERZO DE FLEXIÓN EN EL CONCRETO
(UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGA AL CENTRO DE LA LUZ)
ASTM C - 293

Tesista: Meza Calderón, Erick Bryan

Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPO, LAMBAYEQUE. 2018

Ubicación: Distrito de Pimental, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú.

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Tiempo de exposición	T° alcanzada (°C)	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Módulo de Rotura Kg/Cm ²
01	V CP 210-1	0	0	04/09/2018	06/10/2018	32	210
02	V CP 210-2	0	0	04/09/2018	06/10/2018	32	204
03	V CP 210-3	0	0	04/09/2018	06/10/2018	32	274
04	V CP 210-4	15	550 - 650	04/09/2018	06/10/2018	32	264
05	V CP 210-5	15	550 - 650	04/09/2018	06/10/2018	32	252
06	V CP 210-6	15	550 - 650	04/09/2018	06/10/2018	32	250
07	V CP 210-7	30	650 - 750	04/09/2018	06/10/2018	32	240
08	V CP 210-8	60	750 - 850	04/09/2018	06/10/2018	32	230


 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.E.M. - USS.


 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE L.E.M.

**USS | UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**
FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DEL ESFUERZO DE FLEXIÓN EN EL CONCRETO
(UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGA AL CENTRO DE LA LUZ)
ASTM C - 293

Tesista: Meza Calderón, Erick Bryan

Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ARMADO EXPUESTO AL FUEGO EN INTERVALOS DE TIEMPO, LAMBAYEQUE. 2018

Ubicación: Distrito de Pimental, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú.

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Tiempo de exposición	T° alcanzada (°C)	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Módulo de Rotura Kg/Cm2
01	V CP 280 - 1	0	0	04/09/2018	06/10/2018	32	260
02	V CP 280 - 2	0	0	04/09/2018	06/10/2018	32	260
03	V CP 280 - 3	0	0	04/09/2018	06/10/2018	32	313
04	V CP 280 - 4	15	550 - 650	04/09/2018	06/10/2018	32	313
05	V CP 280 - 5	15	550 - 650	04/09/2018	06/10/2018	32	283
06	V CP 280 - 6	15	550 - 650	04/09/2018	06/10/2018	32	283
07	V CP 280 - 7	30	650 - 750	04/09/2018	06/10/2018	32	280
08	V CP 280 - 8	60	750 - 850	04/09/2018	06/10/2018	32	280



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
LABORATORISTA I.E.M. - USS.



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Ing. Omar Coronado Zuloeta
JEFE I.E.M.

**ANEXO 4 – FICHA TÉCNICA Y CERTIFICADO DE CALIDAD Y
VALIDACIÓN DEL PIRÓMETRO TERMÓMETRO LASER**

FICHA TÉCNICA

PIROMETRO TERMOMETRO LASER -50 A 1050°C



GRUPO C&M

El termómetro doble infrarrojo está equipada con IR, que se utiliza para apuntar, consta de óptica, sensor de temperatura, amplificador de señal, circuito de procesamiento y pantalla LCD. Es perfecto para medir objetos en condiciones extremas o lugares difíciles de alcanzar con amplio rango de medición de temperatura.

DATO GENERAL.

- Modelo: HT-819

DESCRIPCIÓN:

- HT-819 alta precisión digital doble láser LCD no de contacto láser IR termómetro infrarrojo de temperatura probador rango -50 ~ 1050 °C (-58 ~ 1922 °F).
- El termómetro infrarrojo digital proporciona lecturas rápidas, fáciles y precisas.
- Es ampliamente utilizado para medir la temperatura en industrial. Es aplicable para la preparación de alimentos, los inspectores de seguridad y FIRE, moldeado de plástico, el mantenimiento de la flota, etc.

CARACTERÍSTICAS:

- Pantalla LCD retro iluminada blanca.
- Control automático de datos y láser.
- Láser doble para un objetivo preciso.
- Interruptor de encendido/apagado e interruptor de la tecla °C o °F.
- Apagado automático y disparador.
- Max, min DIF, registro AVG.
- Emisividad ajustable aumenta la precisión de medición para la superficie.

ESPECIFICACIONES PRINCIPALES

- Rango de medida: -50 °C ~ 1050 °C / -58 °F ~ 1922 °F.
- Precisión: ± 2% de lectura o ± 2°C/± 4°F.
- Resolución: 0.1 °C/0.1 °F.
- Emisividad: Ajustable 0.1 ~ 1.0.
- Campo de visión: D/S = approx. 12: 1 relación (D: distancia; S = punto o objetivo).
- Puntero láser: láser Clase 2 < 1 mW, longitud de onda es de 630 a 670nm.
- Respuesta espectral IR: 8 a 14µm (longitud de onda).
- Tiempo de respuesta: < 1 s.
- Temperatura de trabajo: 0 °C ~ 50 °C (32 °F ~ 122 °F).
- Humedad de funcionamiento: 10% a 90% RH.
- Fuente de alimentación: 1x9 V batería (no incluida).

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO:

- Temperatura de almacenamiento: -20 °C ~ 60 °C (-4 °F ~ 140 °F).
- Humedad de almacenamiento: < 80% Humedad relativa.



CONTENIDOS DEL PAQUETE

- 1 x ht-819 termómetro infrarrojo de alta precisión
- 1 x manual del usuario
- 1 x bolsa de protección .

PESO Y TAMAÑO

- Aprox. 17x10x4.2 cm.
- Peso del artículo: 131.9g/.
- Tamaño del paquete: aprox. 22.3x10x5.8 cm
- Peso del paquete: aprox. 230g

RPC : 992033862 - 992033492

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

Calle Los Álamos Mz. F2 Lote A8 Urb. Campoy - Lima 36.

1



CERTIFICADO DE CALIDAD Y VALIDACION DE EQUIPO
Certificado N°: 20181013-REC-001-0207

Por el presente "GRUPO CYM LOGISTICA S.A.C.", certifica que el siguiente instrumento:

Equipo: Termometro Laser -50 a 1050°C	Código Int.: 14800
Marca: CYMETRO	N° de serie: 20180527790
Modelo: HT 819	Lote: UN0010068507MU

ha sido entregado en perfectas condiciones y se ha realizado la verificación y validación de su operatividad, de acuerdo a estándares y conforme a recomendaciones del fabricante.

VERIFICACIÓN DE VALIDACION: F. DE PRUEBA: 10.09.2018

Los ensayo fueron realizados bajo condiciones ambientales apropiadas para mantener un adecuado nivel estándar de los resultados, emitidos por nuestros patrones de medición, con ello poder efectuar óptimos servicios de verificación y validación de equipos e instrumentos.

Temperat: 21.78°C. Humedad relativa: 66.80%

PRUEBAS METROLÓGICA (SEGÚN FICHA TÉCNICA DEL FABRICANTE)

VARIABLE	UNIDAD	NORMA	EXACTITUD	LIMITE INF	ESTÁNDAR	LIMITE SUP.	RESULTADO
Medición 1	C°	AC-TEMP-01	Hasta 94°C +/- 2.5°C	16.50	19.00	21.50	18.6
Medición 2	C°	AC-TEMP-01	[94-204] +/- 3%	165.33	167.00	168.67	167.2
Medición 3	C°	AC-TEMP-01	[426-1050] +/- 2%	715.40	730.00	744.60	720.3

PRUEBA FUNCIONAL

VARIABLE	PRUEBA	DETECTADO	OBSERVACIÓN
Pulsadores	Prueba funcional	ok	-
Iluminación de la pantalla	Prueba funcional	ok	-
Dígitos de la pantalla	Prueba funcional	ok	-
Función de encendido	Prueba funcional	ok	-
Función de apagado	Prueba funcional	ok	-

SUPERVISIÓN VISUAL

VARIABLE	TIPO DE PRUEBA	DETECTADO	SE OBSERVA
Acabado de la carcasa	Prueba visual	ok	en buen estado
Ralladuras o fisuras en la carcasa	Prueba visual	ok	sin presencia
Color del equipo	Prueba visual	ok	homogéneo

Conforme No conforme

RECOMENDACIONES

La garantía de nuestro producto es de 6 meses a partir de la entrega del producto.
La precisión del producto está en función del uso, mantenimiento y conservación del equipo o instrumento.
Se expide el presente documento para los fines que el propietario estime conveniente.

Lima, 15 de Octubre del 2018


 Ing. Castulo Obispo Huaman
 Aseguramiento De La Calidad

www.grupocym.pe
 comercial@grupocym.pe
 RPC: 992033492 RPC: 992033862

GRUPO C Y M LOGISTICA SAC

ANEXO 5 – PANEL FOTOGRÁFICO



CONSTRUCCIÓN DEL HORNO ARTESANAL



ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA



ELABORACIÓN DE MUESTRAS A ENSAYAR



EXPOSICIÓN DE LAS MUESTRAS AL FUEGO



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILINDRICAS



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN (CARGA AL CENTRO DE LUZ)



TEMPERATURAS ALCANZADAS

ANEXO 6 – PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Presupuesto		Und.	Metrado	P.U.	Parcial	Total
01	Ensayos de agregados					S/ 260.00
01.01	Análisis Granulométrico	Glb	2	25.00	S/ 50.00	
01.02	Peso Unitario Suelto y Compactado				S/ 140.00	
01.02.01	Suelto	Glb	2	30.00	S/ 60.00	
01.02.02	Varillado	Glb	2	40.00	S/ 80.00	
01.03	Peso Específico y Absorción	Glb	2	30.00	S/ 60.00	
01.04	Contenido de Humedad	Glb	2	5.00	S/ 10.00	
02	Diseño de mezcla de concreto	Glb	3	210.00		S/ 630.00
03	Especímenes					S/ 334.60
03.01	Probetas de C° f'c=210 Kg/cm2				S/ 7.09	
03.01.01	Cemento	bolsa	0.24275	25.00	S/ 6.07	
03.01.02	Arena	m3	0.00999	50.00	S/ 0.50	
03.01.03	Piedra	m3	0.00856	60.00	S/ 0.51	
03.01.04	Agua	m3	0.00714	2.03	S/ 0.01	
03.02	Probetas de C° f'c=245 Kg/cm2				S/ 7.72	
03.02.01	Cemento	bolsa	0.26824	25.00	S/ 6.71	
03.02.02	Arena	m3	0.00980	50.00	S/ 0.49	
03.02.03	Piedra	m3	0.00847	60.00	S/ 0.51	
03.02.04	Agua	m3	0.00717	2.03	S/ 0.01	
03.03	Probetas de C° f'c=245 Kg/cm2				S/ 8.31	
03.03.01	Cemento	bolsa	0.29278	25.00	S/ 7.32	
03.03.02	Arena	m3	0.00960	50.00	S/ 0.48	
03.03.03	Piedra	m3	0.00837	60.00	S/ 0.50	
03.03.04	Agua	m3	0.00719	2.03	S/ 0.01	
03.04	Vigas de C° f'c=210 Kg/cm2				S/ 101.44	
03.04.01	Cemento	bolsa	0.94304	25.00	S/ 23.58	
03.04.02	Arena	m3	0.03882	50.00	S/ 1.94	
03.04.03	Piedra	m3	0.03325	60.00	S/ 1.99	
03.04.04	Agua	m3	0.02773	2.03	S/ 0.06	
03.04.05	Acero Longitudinal	m	19.20000	1.22	S/ 23.47	
03.04.06	Acero Transversal	m	64.80000	0.78	S/ 50.40	
03.05	Vigas de C° f'c=245 Kg/cm2				S/ 103.86	
03.05.01	Cemento	bolsa	1.04235	25.00	S/ 26.06	
03.05.02	Arena	m3	0.03808	50.00	S/ 1.90	
03.05.03	Piedra	m3	0.03291	60.00	S/ 1.97	
03.05.04	Agua	m3	0.02787	2.03	S/ 0.06	
03.05.05	Acero Longitudinal	m	19.20000	1.22	S/ 23.47	
03.05.06	Acero Transversal	m	64.80000	0.78	S/ 50.40	
03.06	Vigas de C° f'c=245 Kg/cm2				S/ 106.18	
03.06.01	Cemento	bolsa	1.13744	25.00	S/ 28.44	
03.06.02	Arena	m3	0.03728	50.00	S/ 1.86	
03.06.03	Piedra	m3	0.03252	60.00	S/ 1.95	
03.06.04	Agua	m3	0.02794	2.03	S/ 0.06	
03.06.05	Acero Longitudinal	m	19.20000	1.22	S/ 23.47	
03.06.06	Acero Transversal	m	64.80000	0.78	S/ 50.40	
04	Moldes de Probetas	unid	12	7.00		S/ 84.00
05	Moldes de Vigas	unid	24	20.00		S/ 480.00
06	Ensayos del concreto					S/ 1,020.00
06.01	Resistencia a la compresión	unid	36	15.00	S/ 540.00	
06.02	Resistencia a la flexión	unid	24	20.00	S/ 480.00	
07	Exposición al fuego					S/ 1,680.00
07.01	Construcción del horno artesanal	unid	1	1600.00	S/ 1,600.00	
07.02	Combustible	glb	1	80.00	S/ 80.00	
08	Seguridad					S/ 84.70
08.01	Guantes	unid	1	16.90	S/ 16.90	
08.02	Mascarilla	unid	1	22.90	S/ 22.90	
08.03	Lentes	unid	1	24.90	S/ 24.90	
08.04	Tenazas	unid	1	20.00	S/ 20.00	
09	Herramientas de medición					S/ 525.00
09.01	Equipo de termostato	unid	1	350.00	S/ 350.00	
09.02	Termómetro láser	unid	1	175.00	S/ 175.00	
10	Servicios					S/ 393.00
10.01	Movilidad	dias	108	3.00	S/ 324.00	
10.02	Impresiones	unid	345	0.20	S/ 69.00	
Total General						S/ 5,491.30