

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS
MATERIALES



“REHABILITACIÓN DEL HORMIGÓN EXPUESTO AL FUEGO”

Por:

YELMA CASTILLO CARLOS ALBERTO

Proyecto de Ingeniería Civil II – CIV 502

Semestre II – 2018

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS
MATERIALES

“REHABILITACIÓN DEL HORMIGÓN EXPUESTO AL FUEGO”

Por:

YELMA CASTILLO CARLOS ALBERTO

Semestre II – 2018

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado principalmente a mis padres Julio y Josefa, ya que ellos nunca dejaron de confiar en mí, a pesar de todas las dificultades, me dieron el impulso necesario para poder concretar esta meta, sin ellos no me hubiese podido convertir en el hombre que soy hoy.

A todos mis familiares y compañeros que me ayudaron en cada etapa de esta carrera.

A los futuros ingenieros, los cuales deben dedicar tiempo a continuar y ampliar el alcance del presente estudio.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco con todas mis fuerzas al Altísimo, el cual me otorgó la sabiduría y la fuerza para poder alcanzar este título.

A mi padre Julio Yelma por ser aquel hombre que nunca escatimó esfuerzos para ayudarme en cada aspecto de mi vida, estar conmigo siempre más que con palabras, con actitudes, las cuales yo deseo poder transmitir en un futuro a los que me rodean.

A mi madre Josefa Castillo, mujer que me dio todo su cariño y comprensión, brindándome su consejo y ayuda en cada adversidad que atravesaba desde que tengo memoria, agradezco por todo lo que hizo y sacrificó por mí.

A mis tíos Eudal y Teófila, los cuales fueron como mis segundos padres durante mi estadía en esta ciudad, siempre me ayudaron y se preocuparon por mi bienestar.

A cada docente con el que pasé clases, siempre aprendí de cada uno de ellos conocimientos muy importantes, sin importar si aprobaba o no, más que todo valores muy positivos de la mayoría de ellos.

A mis compañeros, con los cuales pude convivir durante todos estos años, estudiando y compartiendo anécdotas que no se olvidarán.

Al Ing. Arturo Dubravcic, el cual me otorgó toda la información y consejos para la realización del presente estudio, siempre con la mejor de todas las disposiciones.

ÍNDICE

1. CAPÍTULO I: ANTECEDENTES	1
1.1. Introducción	2
1.2. Problemática	2
1.3. Justificación	4
1.3.1. Académica	4
1.3.2. Técnica.....	5
1.3.3. Social	5
1.4. Alcance de la investigación	5
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo general.....	5
1.5.2. Objetivos específicos	5
1.6. Hipótesis	6
1.7. Metodología de la investigación.....	6
2. CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL	7
2.1. Marco teórico.....	8
2.2. Marco conceptual.....	8
2.3. Marco normativo.....	11
2.3.1. Marco normativo en Bolivia.....	12
2.3.2. Leyes y normativas sobre la prevención de incendios en Bolivia	12
2.3.3. Normativas de protección contra incendios internacionales.....	16
2.4. Análisis de la información global disponible	17
2.5. Análisis de tipos de hormigones	20
2.6. Modelo tipo de incendio	22
2.6.1. Características del ensayo.....	24
2.7. Modelos de análisis estadísticos	25
2.8. Metodología de encamisados.....	28
2.8.1. Sistemas de refuerzo	28
2.8.2. Características del encamisado de hormigón.....	28

2.8.3. Encamisado de hormigón en el ensayo.....	30
3. CAPÍTULO III: APLICACIÓN PRÁCTICA	32
3.1. Agregados pétreos.....	33
3.1.1. Localización del lugar de procedencia de agregados.....	33
3.1.2. Ensayos y análisis de agregados	33
3.1.3. Dosificación de hormigones	34
3.2. Ensayos en el hormigón.....	35
3.2.1. Resistencia patrón del hormigón normal	35
3.2.2. Resistencia patrón del hormigón de recubrimiento	37
3.2.3. Ensayo de quemado de probetas	39
3.2.4. Resistencias del hormigón expuesto al fuego	42
3.2.5. Hormigonado del encamisado	43
3.2.6. Resistencias del hormigón con encamisado.....	45
3.3. Análisis estadísticos	48
3.4. Calibración de la ecuación de Resistencia vs Temperatura de exposición.....	49
3.5. Punto de eficiencia del encamisado	51
3.6. Análisis y validación de resultados.....	54
4. CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
4.1. Conclusiones	65
4.2. Recomendaciones	67
FUENTES Y BIBLIOGRAFIA	69
ANEXOS.....	70

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Acción de las altas temperaturas sobre el hormigón	18
Tabla N° 2: Hormigón sometido al fuego: Procesos físicos (Khoury, 2000)	19
Tabla N° 3: Efectos sobre el hormigón.....	19
Tabla N° 4 Clasificación de hormigones	21
Tabla N° 5: Resistencia del hormigón en función del tipo de acero.....	22
Tabla N° 6: Agrupación de probetas.....	26
Tabla N° 7: Condiciones de ejecución del Hormigón.	27
Tabla N° 8: Coeficiente de conversión de la resistencia a compresión	35
Tabla N° 9: Resistencias del hormigón normal (A).....	36
Tabla N° 10: Resistencias del hormigón normal (B).....	37
Tabla N° 11: Resistencia del hormigón de recubrimiento.	39
Tabla N° 12: Información sobre el vaciado de probetas.....	39
Tabla N° 13: Distribución de probetas con respecto a la temperatura de exposición.	40
Tabla N° 14: Información sobre el quemado de las probetas.	40
Tabla N° 15: Resistencia del hormigón a 100° C.	42
Tabla N° 16: Resistencia del hormigón a 200° C.	42
Tabla N° 17: Resistencia del hormigón a 300° C.	43
Tabla N° 18: Resistencia del hormigón a 400° C.	43
Tabla N° 19: Información sobre el vaciado del encamisado.	44
Tabla N° 20: Coeficientes de corrección por esbeltez.	45
Tabla N° 21: Resistencia del hormigón con encamisado a 100° C.	46
Tabla N° 22: Resistencia del hormigón con encamisado a 200° C.	46
Tabla N° 23: Resistencia del hormigón con encamisado a 300° C.	47
Tabla N° 24: Resistencia del hormigón con encamisado a 400° C.	47
Tabla N° 25: Resultados de las resistencias obtenidas.	49

Índice de Gráficas.

Gráfica N° 1: Registro de incendios en edificaciones.	4
Gráfica N° 2: Incremento de la temperatura del ensayo	25
Gráfica N° 3: Curva de Esfuerzos vs Temperatura.....	50
Gráfica N° 4: Eficiencia del encamisado.	52
Gráfica N° 5: Carga incrementada a la carga máxima inicial.....	53
Gráfica N° 6: Comparación de Pérdida de Esfuerzo.	56

Índice de Anexos

A.1. Encuesta realizada al Departamento de Bomberos de la Ciudad de Tarija	71
A.2. Características del horno del ensayo.....	73
A.3. Características de la pintura epóxica.....	76
A.4. Características del acelerante de fraguado	80
A.5. Ensayos de los agregados.....	84
A.6. Dosificación de hormigones	100
A.7. Probetas Patrón	114
A.8. Probetas del hormigón de recubrimiento	116
A.9. Ensayo de quemado y detalle de probetas quemadas	117
A.10. Ensayo a compresión a probetas solamente quemadas.....	131
A.11. Realización del encamisado.....	135
A.12. Ensayo a compresión de probetas con encamisado	136
A.13. Cálculo de esfuerzos característicos	137