

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



“APLICACIÓN DEL CURADO ELÉCTRICO DEL HORMIGÓN EN
ÉPOCA DE INVIERNO”

Por:

CAIHUARA CASTELLANOS TANIA LORENA

Proyecto de Grado presentado a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de
Licenciatura en Ingeniería Civil

SEMESTRE I - 2019

TARIJA – BOLIVIA

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

“APLICACIÓN DEL CURADO ELÉCTRICO DEL HORMIGÓN EN
ÉPOCA DE INVIERNO”

Por:

CAIHUARA CASTELLANOS TANIA LORENA

EN LA ASIGNATURA PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II - CIV 502

SEMESTRE I – 2019

TARIJA – BOLIVIA

El docente y tribunal evaluador del Proyecto de Ingeniería Civil no se solidarizan con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleadas en la elaboración del presente trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidades del autor.

DEDICATORIA

A mi madre, por impulsarme pacientemente cada día para superarme.

A mi padre, este trabajo es un reflejo de su apoyo brindado y perseverancia.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por darme la oportunidad de llegar hasta aquí. A mi hermano por estar presente en cada momento.

A mis amigos, Paola, Andrea, Carolina, Alejandro, Augusto, José Carlos, Jorge y Víctor, por su apoyo sincero.

A la universidad y mis docentes, especialmente al Ing, Arturo Dubravcic, por la comprensión, paciencia y tiempo brindado al impulsarme a realizar este trabajo y al Lic. Marco Taquichiri por todo el apoyo brindado durante mi formación académica.

ÍNDICE

Resumen

1.	ANTECEDENTES	1
1.1.	El Problema	1
1.1.1.	Planteamiento	1
1.1.2.	Formulación	1
1.1.3.	Sistematización	1
1.2.	Objetivos	2
1.2.1.	General	2
1.2.2.	Específicos	2
1.3.	Justificación	2
1.3.1.	Teórica	2
1.3.2.	Metodológica	3
1.3.3.	Práctica	3
1.4.	Hipótesis	3
1.5.	Alcance del Estudio	4
2.	MARCO TEÓRICO	5
2.1.	Influencia de la temperatura temprana sobre la resistencia del hormigón	5
2.2.	Propiedades eléctricas y térmicas del hormigón	6
2.2.1.	Resistividad eléctrica	8
2.3.	Curado Eléctrico Directo	9
2.3.1.	Principios Subyacentes	10
2.3.2.	El Proceso de Curado	15
2.3.3.	Consideraciones de diseño	21

3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	32
3.1.	Materiales constituyentes de la mezcla de hormigón	32
3.1.1.	Agregado grueso	32
3.1.2.	Agregado fino	33
3.1.3.	Cemento	34
3.2.	Diseño de la mezcla de hormigón	34
3.3.	Diseño del sistema de Curado Eléctrico Directo (CED)	35
3.3.1.	Datos básicos requeridos	35
3.1.2.	Diseño del ciclo de curado eléctrico	36
3.2.	Esquema del sistema de Curado Eléctrico Directo (CED)	43
3.3.	Pruebas Aplicadas	44
3.3.1.	Resistencia a compresión	44
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	45
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1.	Conclusiones	56
5.2.	Recomendaciones	58

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

A1. Caracterización de los agregados

A2. Dosificación de la mezcla de hormigón

A3. Ensayo Estándar de Resistencia a Compresión de Especímenes Cilíndricos de Hormigón

A4. Fotografías de la Experimentación

A5. Guía de Procedimientos y Precauciones

A6. Costo de Implementación de un sistema CED básico

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Curvas de calentamiento y enfriamiento	19
Figura 2.2. Cambios de la superficie vs Temperatura promedio del producto en una losa.	24
Figura 2.3. Campo eléctrico entre platos paralelos equidistantes	31
Figura 3.1 Curva granulométrica del agregado grueso	32
Figura 3.2 Curva granulométrica del agregado fino	33
Figura 3.3. Esquema del sistema CED	43
Figura 4.1. Resistencia vs Tiempo (60° C, 5 h)	45
Figura 4.2. Incremento promedio de resistencia a compresión vs Edad (60° C, 5 h)	46
Figura 4.3. Resistencia vs Tiempo (60° C, 8 h)	48
Figura 4.4. Incremento promedio de resistencia a compresión vs Edad (60° C, 8 h)	49
Figura 4.5. Resistencia vs Tiempo (80° C, 5 h)	51
Figura 4.6. Incremento promedio de resistencia a compresión vs Edad (80° C, 5 h)	52
Figura 4.6. Comparación de Incremento promedio de resistencia a compresión vs Edad	54

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1 Análisis granulométrico del agregado grueso	32
Tabla 3.2 Propiedades del agregado grueso	33
Tabla 3.3 Análisis granulométrico del agregado fino	33
Tabla 3.4 Propiedades del agregado fino	34
Tabla 3.5 Proporciones de mezcla de hormigón	34
Tabla 3.6 Datos básicos requeridos	35
Tabla 3.7 Cálculos preliminares	36
Tabla 3.8 Diseño del ciclo de curado eléctrico: Caso 1	38
Tabla 3.9 Diseño del ciclo de curado eléctrico: Caso 2	39
Tabla 3.10 Diseño del ciclo de curado eléctrico: Caso 3	40
Tabla 3.11. Características de los ciclos de curado eléctrico	42
Tabla 4.1 Incremento promedio real y porcentual de resistencia a compresión en probetas curadas eléctricamente respecto a las curadas naturalmente. Caso 1	46
Tabla 4.2 Incremento promedio real y porcentual de resistencia a compresión en probetas curadas eléctricamente respecto a las curadas naturalmente. Caso 2	49
Tabla 4.2 Incremento promedio real y porcentual de resistencia a compresión en probetas curadas eléctricamente respecto a las curadas naturalmente. Caso 3	52
Tabla 4.4. Comparación del incremento promedio porcentual de resistencia a compresión en probetas curadas eléctricamente respecto a las curadas naturalmente	53