

UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACTULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES



**ESTUDIO DE LA DURABILIDAD DEL HORMIGON CON
ADICION DE RESIDUOS DE FABRICACION DE
CEMENTO “EL PUENTE”**

Por:

MAURICIO ICHAZO CISNEROS

SEMESTRE I - 2024

TARIJA - BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACTULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES

**ESTUDIO DE LA DURABILIDAD DEL HORMIGON CON
ADICION DE RESIDUOS DE FABRICACION DE
CEMENTO “EL PUENTE”**

Por:

MAURICIO ICHAZO CISNEROS

Proyecto presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD JUAN MISAEL SARACHO**, como requisito para optar al grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE I - 2024

TARIJA – BOLIVIA

Dedicatoria:

A mis padres y hermanos por ser mi motor para alcanzar cada una de las metas que me propuse en mi vida.

A mi familia y amigos más cercanos, por su apoyo incondicional y compañía en el camino hacia el crecimiento profesional y académico

ÍNDICE

Ética de autoría	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
RESUMEN	iv

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES

1.1 Introducción.....	1
1.2 El Problema	2
1.2.1.- Planteamiento	2
1.2.2.- Formulación	3
1.2.3.- Sistematización	4
1.3.- Objetivos de la Investigación	6
1.3.1.- General	6
1.3.2.- Específicos	6
1.4.- Justificación.....	6
1.5.- Alcance	7
1.5.1.- Hipótesis	8
1.6.- Limitaciones.....	8
1.6.1.- Limitaciones geográficas	9
1.6.2.- Limitaciones temporales	9
2.1.- El hormigón como material de construcción.....	10
2.1.1.- Componentes del hormigón.....	10
2.1.2.- Componente cemento.....	11
2.1.2.1.- Fabricación del cemento portland.....	11
2.1.2.2.- Composición química del cemento portland.....	12
2.1.2.3.- Hidratación del cemento.....	13
2.1.2.4.- Agua retenida en la pasta de cemento de cemento hidratado.....	13
2.1.2.5.- La estructura porosa del hormigón	14
2.1.3.- Componente agregado.....	15

2.1.3.1.- Porosidad y absorción del agregado.....	15
2.1.4.- Calidad del agua de mezclado.....	17
2.2.- Adiciones en el hormigón.....	17
2.2.1.- La molienda conjunta o por separado de clinker y adiciones.....	18
2.3.- Durabilidad del hormigón.....	18
2.3.1.- Causas de la durabilidad inadecuada.....	19
2.3.2.1.- Influencia del sistema de poros.....	20
2.3.2.2.- Flujo y permeabilidad.....	20
2.3.2.3.- Absorción.....	21
2.4.- Absorción capilar.....	22
2.5.- Variación de la relación agua/cemento.....	22
2.6.- Uso de adiciones en el análisis de absorción.....	23
2.7.- El residuo de fabricación de cemento como adición.....	25
2.8.- Análisis de la velocidad de absorción.....	26
2.8.1.- Utilización.....	27
2.8.2.- Sector de ensayo.....	28
2.8.3.- Aparatos.....	29
2.8.4.- Reactivos y materiales.....	30
2.8.5.- Condiciones de la muestra.....	30
2.8.6.- Procedimiento.....	31
2.9.- Ensayo de penetración de agua bajo presión.....	32
3.1.- Introducción.....	34
3.2.- Identificación de variables.....	34
3.2.1.- Glosario.....	35
3.3.- Diseño de probetas.....	38
3.3.1.- Materiales empleados.....	38
3.3.2.- Dosificación.....	42
3.4.- Elaboración de probetas.....	46
3.5.- Evaluación del hormigón endurecido.....	47
3.5.1.- Resistencia a la compresión.....	47
3.5.2.- Análisis comparativo de resistencias.....	50
3.5.3.- Velocidad de absorción.....	52
3.5.4.- Penetración de agua bajo presión.....	68
3.6.- Especificaciones técnicas del aditivo.....	72

3.7.- Análisis estadístico	73
3.7.1.- Resultados del análisis estadístico	94
CONCLUSIONES.....	95
REFERENCIAS	97
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Compuestos principales del cemento portland.	12
Tabla 3.1: Características físicas del agregado fino.....	39
Tabla 3.2: Propiedades físicas del agregado grueso.	40
Tabla 3.3: Material utilizado para relación agua/cemento de 0,45	43
Tabla 3.4: Peso de residuo de cemento para reemplazo en relación agua/cemento de 0,45.....	43
Tabla 3.5: Material utilizado para relación agua/cemento de 0,52	44
Tabla 3.6: Peso de residuo de cemento para reemplazo en relación agua/cemento de 0,52.....	44
Tabla 3.7: Material utilizado para relación agua/cemento de 0,60	45
Tabla 3.8: Peso de residuo de cemento para reemplazo en relación agua/cemento de 0,60.....	45
Tabla 3.9: Resistencias con relación agua/cemento de 0,45.	47
Tabla 3.10: Resistencias con relación agua/cemento de 0,52.	48
Tabla 3.11: Resistencias con relación agua/cemento de 0,60.	49
Tabla 3.12: Parámetros obtenidos en muestras patrón con relación a/c de 0,45.....	53
Tabla 3.13: Parámetros obtenidos en muestras con reemplazo del 5% con relación a/c de 0,45.....	54
Tabla 3.14: Parámetros obtenidos en muestras con reemplazo del 10% con relación a/c de 0,45.....	56
Tabla 3.15: Parámetros obtenidos en muestras con reemplazo del 15% con relación a/c de 0,45.....	57
Tabla 3.16: Parámetros obtenidos en muestras patrón con relación a/c de 0,52.....	59
Tabla 3.17: Parámetros obtenidos en muestras con reemplazo del 5% con relación a/c de 0,52.....	60
Tabla 3.18: Parámetros en muestras con reemplazo del 10% y relación a/c de 0,52.....	61
Tabla 3.19: Parámetros en muestras con reemplazo del 15% con relación a/c de 0,52...	62
Tabla 3.20: Parámetros obtenidos en muestras patrón con relación a/c de 0,60.....	64
Tabla 3.21: Parámetros obtenidos en muestras con reemplazo del 5% y relación a/c de 0,60.....	65
Tabla 3.22: Parámetros en muestras con reemplazo del 10% con relación a/c de 0,60...	66
Tabla 3.23: Parámetros en muestras con reemplazo del 15% con relación a/c de 0,60...	67
Tabla 3.24: Profundidades de penetración de agua con relación a/c de 0,45.....	68

Tabla 3.25: Profundidades de penetración de agua con relación a/c de 0,52.....	70
Tabla 3.26: Profundidades de penetración de agua con relación a/c de 0,60.....	71
Tabla 3.27: Distribución t de Student.....	74
Tabla 3.28: Análisis Estadístico para ensayo de resistencia a la compresión con A/C de 0.45.....	76
Tabla 3.29: Análisis Estadístico para ensayo de resistencia a la compresión con A/C de 0.52.....	77
Tabla 3.30: Análisis Estadístico para ensayo de resistencia a la compresión con A/C de 0.60.....	78
Tabla 3.33: Análisis Estadístico para ensayo de velocidad de absorción en etapa primaria con A/C de 0.45.	79
Tabla 3.34: Análisis Estadístico para ensayo de velocidad de absorción en etapa secundaria con A/C de 0.45.	80
Tabla 3.35: Análisis Estadístico para ensayo de velocidad de absorción en etapa primaria con A/C de 0.52.	81
Tabla 3.36: Análisis Estadístico para ensayo de velocidad de absorción en etapa secundaria con A/C de 0.52.	82
Tabla 3.37: Análisis Estadístico para ensayo de velocidad de absorción en etapa primaria con A/C de 0.60.	83
Tabla 3.38: Análisis Estadístico para ensayo de velocidad de absorción en etapa secundaria con A/C de 0.60.	84
Tabla 3.39: Análisis Estadístico para ensayo de penetración de agua media bajo presión con A/C de 0.45.	85
Tabla 3.40: Análisis Estadístico para ensayo de penetración de agua máxima bajo presión con A/C de 0.45.....	86
Tabla 3.41: Análisis Estadístico para ensayo de penetración de agua promedio bajo presión con A/C de 0.45.....	87
Tabla 3.42: Análisis Estadístico para ensayo de penetración de agua promedio bajo presión con A/C de 0.52.....	88
Tabla 3.42: Análisis Estadístico para ensayo de penetración de agua máxima bajo presión con A/C de 0.52.....	89
Tabla 3.43: Análisis Estadístico para ensayo de penetración de agua promedio bajo presión con A/C de 0.52.....	90
Tabla 3.44: Análisis Estadístico para ensayo de penetración de agua media bajo presión con A/C de 0.60.	91
Tabla 3.45: Análisis Estadístico para ensayo de penetración de agua máxima bajo presión con A/C de 0.60.....	92

Tabla 3.46: Análisis Estadístico para ensayo de penetración de agua promedio bajo presión con A/C de 0.60.....	93
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Modelo del C-S-H.....	15
Figura 2.2: Representación diagramática de la humedad en el agregado.....	16
Figura 2.3: Influencia de la relación agua/cemento sobre la absorción capilar.....	23
Figura 2.4: Polvo de horno de cemento “El Puente”.....	25
Figura 2.5: Esquema del procedimiento de sortividad.....	31
Figura 2.6: Medición de profundidades de agua bajo presión.....	33
Figura 2.7: Dispersión de datos en valores superiores a 50 mm en profundidades de agua ...	34
Figura 3.1: Curva granulométrica del agregado fino.....	39
Figura 3.2: Curva granulométrica del agregado grueso.....	41
Figura 3.3: Resistencias promedio para relación agua/cemento de 0,45.....	48
Figura 3.4: Resistencias promedio para relación agua/cemento de 0,52.....	49
Figura 3.5: Resistencias promedio para relación agua/cemento de 0,60.....	50
Figura 3.6: Relación de resistencias para diferentes relaciones agua/cemento.....	51
Figura 3.7: Gráfica de absorción en muestras patrón con relación a/c de 0,45.....	53
Figura 3.8: Gráfica de absorción en muestras con reemplazo del 5% con relación a/c de 0,45.....	55
Figura 3.9: Gráfica de absorción en muestras con reemplazo del 10% con relación a/c de 0,45.....	56
Figura 3.10: Gráfica de absorción en muestras con reemplazo del 15% con relación a/c de 0,45.....	58
Figura 3.11: Gráfica de absorción en muestras patrón con relación a/c de 0,52.....	59
Figura 3.12: Gráfica de absorción en muestras con reemplazo del 5% con relación a/c de 0,52.....	61
Figura 3.13: Gráfica de absorción en muestras con reemplazo del 10% con relación a/c de 0,52.....	62
Figura 3.14: Gráfica de absorción en muestras con reemplazo del 15% con relación a/c de 0,52.....	63
Figura 3.15: Gráfica de absorción en muestras patrón con relación a/c de 0,60.....	64
Figura 3.16: Gráfica de absorción en muestras con reemplazo del 5% con relación a/c de 0,60.....	65
Figura 3.17: Gráfica de absorción en muestras con reemplazo del 10% con relación a/c de 0,60.....	66

Figura 3.18: Gráfica de absorción en muestras con reemplazo del 15% con relación a/c de 0,6067