

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES**



**“APLICACIÓN DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA PARA MEJORAR LA  
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN HORMIGÓN H25 CON ÁRIDOS DE  
LA PROVINCIA GRAN CHACO”**

**Por:**

**JUAN DANIEL BERRIOS CHACON**

**SEMESTRE II - 2023**

**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 DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA PARA MEJORAR LA  
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN HORMIGÓN H25 CON ÁRIDOS DE  
LA PROVINCIA GRAN CHACO”**

**Por:**

**JUAN DANIEL BERRIOS CHACON**

**CIV 502-PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II**

**SEMESTRE II - 2023**

**TARIJA - BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente documento a mis padres Benigno Berrios y Juana Chacon que han sido pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme confianza, consejos, oportunidad y recursos para lograrlo, a mis hermanos Edwin, Miguel, Jonathan, Nayeli, Jorge y Fanny por el apoyo incondicional por estar siempre en esos momentos difíciles brindándome su amor, paciencia y comprensión, y por ultimo a esos verdaderos amigos con los que compartimos todos estos años juntos, en especial a Alicia A. quien ha estado a mi lado todo este tiempo en que he trabajado en este proyecto.

# ÍNDICE

## CAPÍTULO I

### ANTECEDENTES

	Pág.
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación .....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. General .....	3
1.3.2. Específicos .....	3
1.4. Hipótesis.....	3
1.5. Alcance.....	4
1.6. Metodología .....	5

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

	Pág.
2.1. Introducción .....	7
2.2. El hormigón.....	7
2.2.1. Definición.....	7
2.2.2. Características físicas y mecánicas del hormigón.....	8
2.2.3. Hormigón recién mezclado .....	8
2.2.3.1. Mezclado .....	9
2.2.3.2. Trabajabilidad .....	9
2.2.3.3. Sangrado y Asentamiento .....	11

2.2.3.4. Consolidación.....	11
2.2.3.5. Fraguado y endurecimiento.....	12
2.2.4. Hormigón endurecido .....	12
2.2.4.1. Resistencia .....	12
2.2.4.2. Densidad.....	14
2.2.4.3. Compacidad .....	14
2.2.4.4. Permeabilidad.....	15
2.2.4.5. Durabilidad.....	15
2.2.5. Tipos de hormigón .....	15
2.2.5.1. Hormigón según el tipo de propiedades.....	15
2.2.5.1.1. Tipos generales .....	15
2.2.5.1.2. Tipos de hormigón por la resistencia .....	16
2.2.5.1.3. Tipos de hormigón por su peso volumétrico.....	18
2.2.5.1.4. Tipos de hormigón por su consistencia.....	20
2.2.6. Componentes del hormigón .....	22
2.2.6.1. Cemento .....	22
2.2.6.1.1. Características físicas y mecánicas del cemento.....	22
2.2.6.1.2. Composición química del cemento .....	22
2.2.6.2. Agregados .....	23
2.2.6.2.1. Clasificación de los Agregados.....	23
2.2.6.2.2. Propiedad Mecánicas de los agregados.....	24
2.2.6.3. Agua.....	24
2.3. Aditivo Reductor de Agua .....	25

2.3.1. Mecanismo de acción de los aditivos superplastificante reductor de agua.....	25
2.3.2. Composición química de los reductores de agua (SNF, SMF). .....	28
2.3.3. Interacción entre el cemento y el aditivo .....	28
2.3.4. Aditivo reductor de agua Sikament N-100 .....	29
2.3.4.2. Composición/información sobre los componentes .....	29
2.3.4.3. Recomendación de dosificación.....	29
2.4. Diseño de mezclas.....	30
2.5. Dosificación ACI-211.1 .....	30
2.5.1. Relación entre resistencia y relación a/c .....	31
2.5.2. Resistencia .....	31
2.5.3. Relación agua/cemento .....	31
2.5.4. Revenimiento .....	32
2.5.5. Contenido de aire .....	32
2.5.6. Contenido de agua.....	32
2.5.7. Agregados .....	34
2.6. Normativas a utilizar en el procedimiento experimental. ....	34

### **CAPÍTULO III**

#### **DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

	Pág.
3.1. Descripción de la metodología.....	36
3.1.1. Variables .....	36
3.1.2. Población y Muestra.....	37
3.2. Fase I Recolección de los materiales .....	40

3.2.1. Análisis de la petrología de los áridos empleados .....	42
3.2.1.1 Geología .....	42
3.2.1.2. Petrología .....	43
3.3. Fase II Ensayos de materiales en laboratorio.....	46
3.3.1. Ensayos de laboratorio de cemento.....	46
3.3.2. Características del Agregado fino .....	47
3.3.2.1. Análisis Granulométrico del Agregado Fino .....	47
3.3.2.2. Determinación de Peso Unitario Compactado del Agregado Fino .....	48
3.3.2.3. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.....	49
3.3.3. Características del Agregado Grueso .....	50
3.3.3.1. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso .....	50
3.3.3.2. Determinación de Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso.....	51
3.3.3.3. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso .....	52
3.4. Fase III Elaboración de la mezcla, curado y ensayo de los hormigones.....	52
3.4.1. Dosificación Hormigón patrón.....	52
3.4.2. Dosificación con aditivo reductor de agua (Sikament N-100).....	55
3.4.2.1. Diseño de dosificación Hormigón con Aditivo al 1.0% para 1m <sup>3</sup> .....	56
3.4.2.2. Diseño de dosificación Hormigón con Aditivo al 1,5% para 1m <sup>3</sup> .....	56
3.4.2.2. Diseño de dosificación Hormigón con Aditivo al 2,0 % para 1m <sup>3</sup> .....	56
3.4.3. Dosificación hormigón con aditivo como economizador de cemento .....	57
3.4.3.1. Dosificación Hormigón con Aditivo 1% como economizador de cemento.....	58
3.4.4. Elaboración de muestras en laboratorio .....	59
3.4.4.1. Aparatos y equipos .....	59

3.4.4.2. Muestras .....	59
3.4.4.3. Preparación de materiales .....	60
3.4.4.3. Procedimiento de elaboración de muestras en laboratorio.....	60
3.4.4. Curado de probetas cilíndricas de hormigón.....	61
3.4.5. Ensayo de roturas de probetas a Compresión (Falla con almohadillas).....	62
3.3.5.1. Resultados Ensayo de roturas de probetas a Compresión.....	62
3.3.5.2. Resultados Ensayo de roturas de probetas a Compresión con aditivo como Economizador de cemento. ....	66
3.3.6. Resultado de asentamiento promedio de muestras para diferentes porcentajes de aditivo.....	68

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

	Pág.
4.1. Características físicas y mecánicas de las muestras .....	70
4.1.1. Agregados .....	70
4.1.2. Hormigón en estado fresco.....	74
4.1.3. Hormigón en estado Endurecido.....	79
4.1.3.1. Análisis estadístico de la resistencia a compresión.....	79
4.1.3.2. Resultado del análisis estadístico de la resistencia a compresión .....	82
4.1.4. Correlación % de aditivo Sikament N-100 vs resistencia a compresión 28días ....	83
4.1.5. Resultado del análisis estadístico de la resistencia a compresión aditivo como economizador de cemento.....	84
4.2. Evaluación de los resultados .....	85
4.2.1. Materiales.....	85



4.2.1.1. Cemento .....	85
4.2.1.2. Agregados .....	85
4.2.1.3. Aditivo .....	85
4.2.2. Hormigón estado fresco .....	86
4.2.2.1. Trabajabilidad .....	86
4.2.2.2. Temperatura de la mezcla .....	86
4.2.2.3. Relación agua cemento .....	86
4.2.2.4. Contenido de aire .....	87
4.2.3. Hormigón endurecido .....	87
4.2.4. Aditivo como economizador de cemento.....	87
4.3. Análisis de costos.....	88
4.3.1. Cemento .....	88
4.3.2. Agregados .....	88
4.3.3. Aditivo .....	88
4.3.4. Agua .....	88
4.3.5. Hormigón .....	88
4.4. Contrastación de hipótesis .....	91

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	Pág.
5.1. Conclusiones .....	94
5.1. Recomendaciones.....	96

### **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

**ANEXO A:** INFORME DE CALIDAD DEL CEMENTO EL PUENTE IP30.

**ANEXO B:** HOJA TÉCNICA DEL ADITIVO SÚPER-PLASTIFICANTE  
REDUCTOR DE AGUA SIKAMENT N-100.

**ANEXO C:** CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS.

**ANEXO D:** DISEÑO DE MEZCLAS DE PRUEBA HORMIGÓN PATRÓN.

**ANEXO E:** DISEÑO DE MEZCLAS DEFINITIVAS.

**ANEXO F:** RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN  
PROBETAS DE HORMIGÓN SEGÚN NORMA ASTM C39.

**ANEXO G:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

**ANEXO H:** ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

**ANEXO I:** REPORTE FOTOGRÁFICO.

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N°2.1: Consistencia de los hormigones .....	11
Tabla N°2.2: Valores de coeficiente KN .....	14
Tabla N°2.3: Tipos de hormigón por su resistencia.....	16
Tabla N°2.4: Tipos de hormigón por su peso volumétrico .....	18
Tabla N°2.5: Tipos de hormigón por su peso consistencia.....	20
Tabla N°2.6: Sustancia / Mezcla.....	29
Tabla N°2.7: Dependencia entre la R a/c y la resistencia compresión.....	31
Tabla N°2.8: Dependencia entre la R a/c y la resistencia compresión.....	32
Tabla N°2.9: Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales del agregado .....	33
Tabla N°2.10: Volumen de agregado grueso por volumen unitario de hormigón .....	34
Tabla N°2.11: Lista de los ensayos aplicados.....	35
Tabla N°3.1: Valores estandarizados en función del grado de confiabilidad .....	38
Tabla N°3.2: Cantidad de probetas a realizar para análisis de resistencia .....	39
Tabla N°3.3: Cantidad de probetas para el análisis de uso de aditivo como Economizador de cemento .....	40
Tabla N°3.4: Cantidades aproximadas de materiales a usar en el presente estudio.....	41
Tabla N°3.4: Especificaciones físicas y mecánicas del cemento (SOBOCE) .....	46
Tabla N°3.5: Resultados especificaciones químicas del cemento .....	46
Tabla N°3.6: Resultado promedio del análisis granulométrico del Agregado fino y Modulo de Fineza. ....	47
Tabla N°3.7: Resultados de los pesos unitarios compactados del agregado fino .....	49

Tabla N°3.8: Resultados de pesos específicos del agregado fino y su porcentaje de absorción. ....	49
Tabla N°3.9: Resultado promedio del análisis granulométrico del agregado grueso .....	50
Tabla N°3.10: Resultados de los pesos unitarios del agregado grueso .....	51
Tabla N°3.11: Resultados de pesos específicos del agregado grueso y su porcentaje de absorción. ....	52
Tabla N°3.12: Resultados de resistencia a Compresión del hormigón Patrón.....	53
Tabla N°3.13: Resultado Dosificación de hormigón patrón para 1m <sup>3</sup> .....	55
Tabla N°3.14: Porcentajes de reducción de agua logrado con diferentes % de aditivo...55	
Tabla N°3.15: Presentación del diseño en estado seco al 1.0% de aditivo .....	56
Tabla N°3.16: Presentación del diseño en estado seco al 1,5 % de aditivo .....	56
Tabla N°3.17: Presentación del diseño en estado seco al 2,0 % de aditivo .....	57
Tabla N°3.18: Análisis de costos aditivo economizador de cemento .....	57
Tabla N°3.19: Presentación del diseño en estado seco al 1,0 % de aditivo como economizador de cemento.....	58
Tabla N°3.20: Resultados de resistencia a compresión edad 7 días. ....	63
Tabla N°3.21: Resultados de resistencia a compresión edad 14 días. ....	64
Tabla N°3.22: Resultados de resistencia a compresión edad 28 días. ....	65
Tabla N°3.23: Resultados de resistencia a compresión edad 7 días. ....	66
Tabla N°3.24: Resultados de resistencia a compresión edad 28 días. ....	67
Tabla N°3.25: Resultado promedio de asentamiento.....	68
Tabla N°4.1: Análisis granulométrico agregado fino Cantera Caiza.....	70
Tabla N°4.2: Características físicas y Mecánicas del agregado fino .....	71
Tabla N°4.3: Análisis granulométrico agregado grueso .....	72

Tabla N°4.4: Análisis granulométrico agregado grueso modificado .....	73
Tabla N°4.5: Características físicas y Mecánicas del agregado grueso .....	74
Tabla N°4.6: Hormigón en estado fresco aditivo reductor de agua .....	75
Tabla N°4.7: Hormigón en estado fresco aditivo economizador de cemento.....	77
Tabla N°4.8.: Valores de coeficiente KN.....	80
Tabla N°4.9: Comparación porcentual de la resistencia característica a los 28 días respecto a los 21MPa.....	81
Tabla N°4.10: Resistencia estimada del H° Patrón respecto al método de curado en obra .....	81
Tabla N°4.11: Resistencia a compresión a los 7 días.....	82
Tabla N°4.12: Resistencia a compresión a los 14 días.....	82
Tabla N°4.13: Resistencia a compresión a los 28 días.....	82
Tabla N°4.14: Correlación entre % aditivo y resistencia a compresión a los 28 días.....	83
Tabla N°4.15: Resistencia a compresión a los 7 días.....	84
Tabla N°4.16: Resistencia a compresión a los 28 días.....	84
Tabla N°4.17: Precio de materiales elementales .....	88
Tabla N°4.18: Análisis de costos aditivo mejorador de resistencia .....	89
Tabla N°4.19: Análisis de costos aditivo economizador de cemento .....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°2.1: Ensayo de asentamiento (Cono de Abrams) .....	10
Figura N°2.2: Partícula de cemento en un hormigón sin aditivo .....	26
Figura N°2.3: Partícula de cemento en presencia de un aditivo súper-plastificante.....	26
Figura N°2.4: Fotomicrografía – Floculación de cemento hidratado .....	27
Figura N°2.5: Origen de composición de los aditivos súper plastificantes .....	27
Figura N°3.1: Esquema de relación causal: variable independiente con variables dependientes.....	37
Figura N°3.2: Distribución del material, Rio Pilcomayo.....	44
Figura N°3.3: Predominio y tipo de Rocas “Rio Pilcomayo”.....	45
Figura N°3.4: Roca predominante Arenisca .....	45
Figura N°3.5: Curva granulométrica y control granulométrico del agregado fino.....	48
Figura N°3.6: Curva y control granulométrico del Agregado Grueso.....	51
Figura N°3.7: Curva de Resistencia vs Relación A/C .....	54
Figura N°3.8: Incremento de costos para 1m <sup>3</sup> de hormigón con aditivo economizador de cemento .....	58
Figura N°3.9: Resistencia a los 7 días vs % de aditivo.....	63
Figura N°3.10: Resistencia a los 14 días vs % de aditivo.....	64
Figura N°3.11: Resistencia a los 28 días vs % de aditivo.....	66
Figura N°3.12: Resistencia a los 7 días vs % de aditivo como economizador de cemento .....	67
Figura N°3.13: Resistencia a los 28 días vs % de aditivo como Economizador de cemento .....	68

Figura N°3.14: Asentamiento promedio vs % aditivo .....	69
Figura N°4.1: Curva granulométrica agregado fino elegido cantera Caiza .....	71
Figura N°4.2: Curva granulométrica y control granulométrico .....	72
Figura N°4.3: Curva granulométrica y control granulométrico agregado grueso modificado .....	73
Figura N°4.4: Porcentaje de reducción de agua .....	75
Figura N°4.5: Asentamiento cono de Abrams .....	76
Figura N°4.6: Relación Agua Cemento .....	76
Figura N°4.7: Contenido de Aire .....	77
Figura N°4.8: Reducción de cemento logrado .....	78
Figura N°4.9: Asentamiento Aditivo economizador de cemento .....	78
Figura N°4.10: Evolución de la resistencia Vs Edad .....	83
Figura N°4.11: Correlación entre %Sikament N-100 vs Resistencia 28 días .....	84
Figura N°4.12: Evolución de la resistencia vs Edad (Sikament N-100 como economizador de cemento) .....	85
Figura N°4.13: Incremento de costos para 1m <sup>3</sup> de hormigón.....	89
Figura N°4.14: Incremento de costos para 1m <sup>3</sup> de hormigón con aditivo economizador de cemento .....	90
Figura N°4.15: Análisis de resistencia a compresión .....	91
Figura N°4.16: Análisis de trabajabilidad.....	92
Figura N°4.17: Análisis de reducción de cemento.....	93
Figura N°4.18: Análisis de variación de la resistencia .....	93