

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO HUECO CON ADICIONES DE MATERIAL PLASTICO PET RECICLADO”**

Por:

**MAX NEVER HINOJOSA ALTAMIRANO**

Semestre II - 2023

Tarija -Bolivia

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
DPTO. DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES

“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LAS PROPIEDADES FISICO-  
MECANICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO HUECO CON  
ADICIONES DE MATERIAL PLASTICO PET RECICLADO”

Por:

MAX NEVER HINOJOSA ALTAMIRANO

Semestre II - 2023

Tarija -Bolivia

## **DEDICATORIA**

Dedico con todo corazón a mi mami que siempre me apoyo para continuar con mis estudios superiores, pues sin ella no lo habría logrado.

Con tu bendición logre llegar a cumplir una de mis metas en esta vida y llegare a cumplir muchas más.

También agradezco a mi hermana nenis por los ánimos para continuar, por haber sido mi fortaleza para seguir adelante a pesar de los obstáculos de la vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1.....	1
1.- ANTECEDENTES .....	1
1.1.- Problema.....	1
1.1.1.- Planteamiento .....	2
1.1.2.- Formulación.....	2
1.1.3.- Sistematización.....	3
1.2.- Objetivos.....	3
1.2.1.- General .....	3
1.2.2.- Específicos.....	3
1.3.- Justificación.....	4
1.3.1.- Teórica.....	4
1.3.2.- Metodología.....	4
1.3.3.- Practica .....	5
1.4.- Alcance del estudio.....	5
1.4.1.- Tipo de estudio .....	5
1.4.2.- Hipótesis .....	5
1.4.3.- Restricciones.....	6
1.5.- Diseño metodológico.....	6
1.5.1.- Población y muestra .....	6
1.5.2.- Métodos y técnicas empleadas .....	7
1.5.3.- Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información.....	13
CAPÍTULO II:.....	17
2.- MARCO TEÓRICO .....	17
2.1.- Mampostería.....	17
2.1.1.- Introducción.....	17
2.1.2.- Reseña histórica.....	17
2.1.3.- Definición de mampostería.....	19

2.1.4.- Tipos de mampostería.....	19
2.2.- Componentes de la mampostería.....	21
2.2.1.- Unidad de mampostería.....	21
2.2.3.- Mortero.....	26
2.2.4.- Concreto líquido o grout.....	30
2.3.- Bloques de concreto.....	31
2.3.1.- Generalidades del bloque de concreto en Tarija.....	33
2.4.- Breve resumen del marco normativo.....	37
2.4.1.- Norma Técnica Española 070.....	37
2.4.2.- Método de muestreo y ensayo de unidades de mampostería de concreto ...	37
2.4.3.- Resistencia mecánica.....	39
2.4.4.- Compresión diagonal en muretes de mampostería.....	44
2.5.- Método ACI 211.1 de dosificación del bloque hormigón.....	48
2.6.- Reciclaje de plástico.....	48
2.6.1.- Tipos de reciclaje.....	48
2.6.2.- Propiedades y características del PET.....	50
2.6.3.- Reciclado mecánico en nuestro medio.....	52
CAPÍTULO III:.....	57
3.- MARCO PRÁCTICO.....	57
3.1.- Introducción.....	57
3.2.- Extracción de material.....	57
3.2.1.- Extracción de los áridos gruesos y finos.....	57
3.2.2.- Recolección de material PET.....	57
3.2.3.- Cemento.....	57
3.3.- Ensayos de caracterización de los agregados del hormigón.....	58
3.3.1.- Granulometría.....	58
3.3.2.- Peso específico y absorción del agregado grueso.....	61
3.3.3.- Peso específico y % de absorción del agregado fino.....	62
3.3.4.- Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.....	62
3.3.5.- Peso Unitario suelto y compactado del Agregado Fino (arena).....	63
3.3.6.-Peso específico del cemento portland.....	64

3.4.- Diseño y dosificación del Hormigón Patrón .....	65
3.4.1.- Características del Diseño .....	65
3.5.- Diseño de Hormigón Convencional con PET.....	67
3.6.- Elaboración y ensayos de resistencia para las unidades de mampostería.....	68
3.6.1.- Hormigonado de unidades de mampostería (Bloques).....	68
3.6.2.- Variación dimensional en unidad de bloque de concreto .....	73
3.6.3.- Alabeo en unidad de bloque de concreto.....	74
3.6.4.- Densidad y porcentaje de absorción de bloque de concreto.....	74
3.6.5.- Resistencia a la compresión por unidad de mampostería .....	75
3.6.6.- Elaboración de las pilas prismas.....	76
3.6.7.- Elaboración de los muretes.....	78
3.6.8.- Elaboración de cubos de mortero .....	82
CAPÍTULO IV: .....	85
4.- Resultados y análisis.....	85
4.1.- Propiedades físicas del bloque de mampostería.....	85
4.1.1.- Variación de dimensional .....	85
4.2.- Propiedades mecánicas del bloque de mampostería .....	87
4.2.1.- Resistencia a la compresión de unidades de mampostería .....	87
4.2.2.- Compresión axial de prismas de mampostería .....	95
4.4.- Comparación de costos de una estructura aporricada y una estructura con muro portante.....	109
4.5.- Resumen de presupuesto.....	111
4.6.- Discusión de resultados.....	112
4.7.- Contrastación de hipótesis.....	113
CAPÍTULO IV .....	114
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
5.1.- Conclusiones.....	114
5.2.- Recomendaciones.....	118
BIBLIOGRAFÍA .....	119

## **ANEXOS**

ANEXOS A.- CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS Y PET

ANEXOS B.- PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

ANEXOS C.- PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

ANEXOS D.- PRECIOS UNITARIOS POR UNIDAD DE BLOQUE

ANEXOS E.- TABLAS

ANEXOS F.- TABLAS Y PLANOS DE ESTRUCTURA APORTICADA Y MURO

PORTANTE

ANEXOS G.- FOTOGRAFÍAS

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades mecánicas .....	1
Tabla 2: Resistencia mínima para bloque de concreto portante .....	2
Tabla 3: Número de bloques de concreto para medición de dimensiones .....	10
Tabla 4: Número de bloques de concreto para medición de alabeo .....	11
Tabla 5: Número de bloques de concreto para medición de la densidad.....	11
Tabla 6: Número de bloques de concreto para resistencia a compresión .....	12
Tabla 7: Número de bloques de concreto para resistencia a compresión axial en pilas .	12
Tabla 8: Numero de bloque de concreto para resistencia al corte .....	13
Tabla 9: Resumen de cantidad de bloques a realizar .....	13
Tabla 10: Interpretación del coeficiente de variación (CV) .....	16
Tabla 11: Grado en que la media representa la serie .....	16
Tabla 12. Guía para la selección de morteros para mampostería .....	27
Tabla 13. Tipos de mortero por clase de construcción .....	28
Tabla 14. Límites de granulometría de la arena.....	29
Tabla 15. Tipos de mortero.....	29
Tabla 16. Límites de granulometría del agregado grueso.....	31
Tabla 17. Composición volumétrica de Grout.....	33
Tabla 18. Dimensiones de bloques de concreto.....	34
Tabla 19: Tolerancia de variación de dimensiones.....	38
Tabla 20: Maxima tolerancia de alabeo .....	39
Tabla 21: Absorción máxima para bloque de concreto .....	39
Tabla 22: Resistencias a compresión de unidad de mampostería.....	40
Tabla 23: Resistencias a compresión en pilas de unidad de mampostería.....	44
Tabla 24: Resistencias al corte.....	47
Tabla 25. Datos técnicos del PET .....	53
Tabla 26 Caracterización de los polímeros termoplásticos más comunes en la industria .....	54
Tabla 27: Granulometría de la gravilla .....	58
Tabla 28: Granulometría de la arena.....	59
Tabla 29: Granulometría del PET .....	60
Tabla 30: Peso específico de la gravilla.....	61



Tabla 31. Peso específico y % de absorción de la arena.....	62
Tabla 32. Peso unitario suelo del agregado grueso (gravilla).....	63
Tabla 33. Peso unitario compactado del agregado grueso (gravilla).....	63
Tabla 34: Peso unitario suelto del agregado fino (arena) .....	64
Tabla 35: Peso unitario compactado del agregado fino (arena).....	64
Tabla 36: Peso específico del cemento .....	64
Tabla 37. Características resumidas de los agregados .....	65
Tabla 38. Resistencia promedio requerida.....	65
Tabla 39. Fcr Requerida cuando no se cuente con datos .....	66
Tabla 40. Pesos secos de los ingredientes por m <sup>3</sup> .....	66
Tabla 41. Pesos húmedos de los ingredientes por m <sup>3</sup> .....	67
Tabla 42. Cuantía para 2 bloques enteros y 2 mitades de bloque .....	67
Tabla 43. Factor de corrección altura/espesor para la resistencia a compresión de prismas de albañilería .....	78
Tabla 44. Resumen de variación dimensional de los bloques de concreto.....	85
Tabla 45. Resumen del alabeo de los bloques de concreto.....	86
Tabla 46.Densidad y % de absorción promedio de los bloques de concreto.....	86
Tabla 47. Datos de resistencia a compresión de bloques de concreto PET .....	87
Tabla 48: Resumen de resistencia a compresión, bloque patrón .....	88
Tabla 49: Tratamiento estadístico, bloque patrón.....	88
Tabla 50: Resultado final del bloque patrón.....	89
Tabla 51: Resumen de resistencia a compresión en bloque con 1% de PET.....	89
Tabla 52: Tratamiento estadístico, bloque con 1% de PET .....	89
Tabla 53: Resultado final de bloque con 1% de PET .....	90
Tabla 54: Resumen de resistencia a compresión de bloque con 3% de PET.....	90
Tabla 55: Tratamiento estadístico, bloque con 3% de PET .....	90
Tabla 56: Resultado final de bloque 3% de PET .....	91
Tabla 57: Resumen de resistencia a compresión de bloque con 5% PET .....	91
Tabla 58: Tratamiento estadístico, bloque con 5% PET.....	91
Tabla 59: Resultado final de bloque con 5% PET .....	92
Tabla 60: Resumen de resultados de Coeficiente de Variación, resistencia a compresión .....	92
Tabla 61:Resumen de resistencia a compresión característica .....	63
Tabla 62: Datos obtenidos de la resistencia a compresión axial en pilas .....	95

Tabla 63: Resumen de resistencia a compresión en pilas de bloque patrón.....	96
Tabla 64: Tratamiento estadístico, bloques patrón .....	96
Tabla 65: Resultado final de resistencia a compresión en pilas patrón .....	97
Tabla 66: Resumen de resistencia a compresión en pilas con 1% PET.....	97
Tabla 67: Tratamiento estadístico, pilas con 1% PET .....	97
Tabla 68: Resultado final de pilas con 1% PET .....	98
Tabla 69: Resumen de resistencia a compresión en pilas de 3% PET.....	98
Tabla 70: Tratamiento estadístico, pilas de 3% PET .....	98
Tabla 71: Resultado final de pilas con 3% PET .....	99
Tabla 72: Resumen de resistencia a compresión en pilas con 5% PET.....	99
Tabla 73: Tratamiento estadístico, pilas con 5% PET .....	99
Tabla 74: Resultado final de pilas con 5% PET .....	100
Tabla 75: Resultados de Coeficiente de Variación, resistencia a compresión en pilas	100
Tabla 76: Resistencia a compresión característica promedio de pilas con PET.....	100
Tabla 77. Datos del ensayo a resistencia al corte en muretes con diferentes % PET ...	102
Tabla 78: Resistencia al corte en bloques patrón.....	102
Tabla 79: Tratamiento estadístico, muros con bloques patrón .....	103
Tabla 80: Resultado final de resistencia al corte en muros con bloque patrón.....	103
Tabla 81: Resistencia al corte en muro con 1% PET.....	103
Tabla 82: Tratamiento estadístico, muros con 1% PET.....	104
Tabla 83: Resultado final de resistencia al corte en muro con 1%PET .....	104
Tabla 84: Resistencia al corte en muro con 3%PET.....	104
Tabla 85: Tratamiento estadístico, muro con 3% PET .....	105
Tabla 86: Resultado de resistencia al corte en muro con 3%PET .....	105
Tabla 87: Resistencia al corte en muro con 5%PPET .....	105
Tabla 88: Tratamiento estadístico, muro con 5%PET .....	106
Tabla 89: Resistencia final de muro con 5%PET .....	106
Tabla 90: Resultados del Coeficiente de Variación para resistencia al corte en muros	106
Tabla 91: Resistencia característica al corte en muros con diferentes % PET .....	107
Tabla 92. Resistencia a compresión de mortero (1:3) .....	109
Tabla 93: Cuantía de estructura aporticada.....	110
Tabla 94: Cuantía de estructura con muro portante .....	111
Tabla 95:Comparación en costos de ambas edificaciones.....	111
Tabla 96: Resumen del costo por unidad de bloque .....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de fabricación de unidades de concreto .....	24
Figura 2. Tipos de bloque de concreto.....	35
Figura 3. Colocado de hiladas.....	35
Figura 4. Colocado de armadura vertical.....	36
Figura 5. Colocado de armadura horizontal.....	36
Figura 6. Construcción de prismas de mampostería .....	42
Figura 7. Corte de unidades huecas antes de la construcción de prismas.....	43
Figura 8. Esquema de tipo de falla .....	43
Figura 9. Ensayo de murete de mampostería a corte .....	45
Figura 10. Efecto de sismo en estructura de mampostería .....	46
Figura 11. Formas de falla de los muretes de corte .....	46
Figura 12. Orden de apisonado en el molde para ensayo de mortero. ....	83

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Curva granulométrica de la gravilla .....	59
Gráfica 2: Curva granulométrica de la arena .....	60
Gráfica 3: Curva granulométrica del PET .....	61
Gráfica 4. Variación de densidad de los bloques respecto al contenido de PET .....	86
Gráfica 5. Variación de resistencia característica a compresión respecto al contenido de PET .....	93
Gráfica 6. Reducción del peso de los bloques respecto al contenido de PET .....	94
Gráfica 7. Comportamiento de la resistencia a compresión con % de absorción de los bloques .....	94
Gráfica 8. Variación de la resistencia a compresión de prisma vs contenido PET .....	101
Gráfica 9. Variación de la resistencia al corte con la adición de hojuelas PET .....	108
Gráfica 10: Reducción de resistencia al corte vs % PET .....	108