

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAE SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA ARQUITECTURA Y URBANISMO



PROYECTO DE GRADO

**“ELABORACIÓN DE UN BIOMATERIAL AISLANTE EN BASE DE
ZURO PARA LA APLICACIÓN EN REVESTIMIENTO DE MUROS
INTERIORES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES PARA LA CIUDAD DE
TARIJA”**

ELABORADO POR:

IMAYBETH JHACIEL ARAMAYO VILLENA

DOCENTE GUIA:

ARQ. ILSÉN MARÍA MOGRO ARROYO

**Tesis presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAE SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en
Arquitectura y Urbanismo.**

TARIJA – BOLIVIA

2024

VºBº

Msc. Ing. Marcelo Segovia. C.

DECANO

**FACULTAD CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

Ing. Fernando Cortez. Michel.

VICEDECANO

**FACULTAD CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

Msc. Arq. Roger Miguel Terán. Cardozo.

**DIRECTOR DEL
DEPARTAMENTO DE
ARQUITECTURA Y URBANISMO**

Arq. Ilsen María Mogro. Arroyo.

DOCENTE GUÍA

Arq. Ruth Valeria Beltrán. Dolz.

TRIBUNAL

Arq. Tania María de
Vasconcellos. Fontes.

TRIBUNAL

Arq. María Antonieta Rueda
Mogro

TRIBUNAL

TARIJA – BOLIVIA
2024

DEDICATORIA

Dedico este Proyecto de Grado a mis padres (abuelos y madre),

Elva T. Delfín. Ordoñez de Villena. †

Armando B. Villena. Soliz. †

Ilssen C. Villena. Delfín. de Aramayo. †

Cuyo esfuerzo, sacrificio e invaluable amor en vida hicieron posible que alcanzara esta meta.

Siempre han sido y serán mi mayor inspiración y la razón para seguir superándome.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a mi (abuela) Mamá Pilar, por su amor y apoyo moral incondicional; a mi padre por su confianza en mí; a mis hermanos Elías y Nayarith, por su paciencia; así como al resto de mi familia, por su constante respaldo.

También expreso mi más sincera gratitud a mi novio, Daniel, por su apoyo arduo e incondicional durante esta etapa.

Finalmente, agradezco de corazón a mis estimados docentes, los arquitectos Mogro, Terán, Rueda y López, por las valiosas enseñanzas y conocimiento compartido en este camino.

ÍNDICE

1. MARCO TEÓRICO	15
1.1. TIPO DE ENFOQUE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	15
1.2. INTRODUCCIÓN	16
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN	19
1.5. PLANTEAMIENTOS DE OBJETIVOS	20
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1.5. PREGUNTA CIENTÍFICA GENERADORA	21
1.6. HIPÓTESIS	21
2.MARCO CONCEPTUAL 22	
2.1. CONCEPTUALIZACIÓN DEL TEMA	22
3. MARCO HISTÓRICO.....	28
3.1. ANTECEDENTES	28
3.2. HISTORIA	28
3.3. EXPONENTES ARQUITECTÓNICOS	29
4. MARCO LEGAL.....	33
4.1. NORMAS INTERNACIONALES.....	33
4.2. NORMAS NACIONALES	34
5. MARCO TEÓRICO INVESTIGATIVO	35
5.1. SUSTENTO TEÓRICO INVESTIGATIVO.....	35
5.1.1 CONCEPTOS DEL TEMA	35
5.1.2. CONCEPTOS DE LA INVESTIGACIÓN	45
5.1.3. BIBLIOGRAFIA DE TRABAJOS CONSULTADOS.....	48
5.2. DEFINICIÓN DEL MÉTODO CIENTÍFICO DE ESTUDIO	56
5.3. DEFINICIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	57

5.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES	58
5.4.1. VARIABLES DEPENDIENTES	58
5.4.2. VARIABLES INDEPENDIENTES	59
5.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	59
6. MARCO TÉCNICO Y PROCESO INVESTIGATIVO.....	62
6.1. DISEÑO PRÁCTICO DE LA INVESTIGACIÓN	62
6.1.1. DISEÑO EXPERIMENTAL COMPLETAMENTE ALEATORIZADO	62
6.1.2. DESARROLLO DE PROTOTIPOS	62
6.1.3. ANÁLISIS COMPARATIVO	63
6.1.4. PROCESO ITERATIVO	63
6.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA DE ESTUDIO	63
6.2.1. OBJETIVO DE ESTUDIO	63
6.2.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	64
6.2.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA	64
6.2.4. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO.....	64
6.2.5. JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN DE MUESTRA	64
6.2.6. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA SELECCIONADA	65
6.3. RECOLECCIÓN DE DATOS	66
6.3.1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	66
6.3.2. MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	69
6.3.3. CODIFICACIÓN DE DATOS.....	70
6.3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	70
6.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS CIENTÍFICOS.....	70
6.4.1. EXPLORACIÓN	70
6.4.2. EVALUACIÓN	76
6.4.3. ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS	79
6.4.4. VALIDEZ.....	83

6.4.5. CONFIABILIDAD	83
6.4.6. INTERPRETACIÓN DE DATOS	83
6.5. PROCESO DE ELABORACIÓN	84
6.5.1. ZURO	84
6.5.2. AGLOMERANTE	89
6.5.3. BIOMATERIAL PROTOTIPOS	91
6.5.4. OPTIMIZACIÓN BIOMATERIAL FINAL	97
6.5.6. APLICACIÓN	100
6.6. OBSERVACIONES Y PRUEBAS	101
6.6.1. VERSIONES PRELIMINARES FALLIDAS	101
6.6.2. PRUEBAS PRELIMINARES	104
6.6.3. PRUEBAS REALIZADAS AL BIOMATERIAL	108
6.6.4. OBSERVACIONES FINALES AL BIOMATERIAL	125
6.6.5. PRUEBAS REALIZADAS AL BIOMATERIAL FINAL	126
6.6.6. ESTRATEGIAS Y RECOMENDACIONES PARA LA ADOPCIÓN BIOMATERIAL	138
6.7. REPORTE DE RESULTADOS OBTENIDOS	140
6.7.1. RESULTADOS DE PRUEBAS A PROTOTIPOS	140
6.7.2. RESULTADOS DE PRUEBAS BIOMATERIAL AISLANTE	143
6.7.3. VERIFICACIÓN Y COMPROBACIÓN DE OBJETIVOS PLANTEADOS	144
6.8. CONCLUSIONES	146
6.8.1. CONCLUSIONES PRIMER CICLO	146
6.8.2. CONCLUSIONES FINALES	146
6.9. RECOMENDACIONES	147
6.9.1. RECOMENDACIONES PRIMER CICLO	147
6.9.2. RECOMENDACIONES FINALES	147
ANEXOS	149
Anexo Datos Clima	149

Anexo Contaminación Auditiva.....	150
Anexo Encuesta	151
Anexo Encuesta Pregunta 1	151
Anexo Encuesta Pregunta 2	151
Anexo Encuesta Pregunta 3	151
Anexo Encuesta Pregunta 4	152
Anexo Entrevista	153
Anexo Consumo de Energía	154
Anexo Costos de Producción	155
Anexo Costos Materiales Convencionales	156
Anexo Interdisciplinario	156
Anexo Impacto Ambiental Materiales Convencionales.....	157
Anexo Encuesta Adopción Biomaterial	158
BIBLIOGRAFÍA	160
WEBGRAFÍA	165

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Biomaterial	22
Ilustración 2 Aislante Térmico.	22
Ilustración 3 Fibras Naturales.....	23
Ilustración 4 Zuro Fuente. Recetario Mexicano del Maíz	23
Ilustración 5 Arquitectura Sostenible	24
Ilustración 6 Materiales Ecológicos.....	24
Ilustración 7 Mercado de materiales aislantes térmicos	29
Ilustración 8 Casa Pasiva Bunyesc Arboretum.....	30
Ilustración 9 Casa Pasiva Larixhaus	31
Ilustración 10 Casa Pasiva entre Encinas	31
Ilustración 11 Biomaterial	35
Ilustración 12 Aislante Térmico.	37
Ilustración 13 Fibras Naturales.....	39
Ilustración 14 Zuro	40
Ilustración 15 Arquitectura Sostenible	41
Ilustración 16 Materiales Ecológicos.....	41
Ilustración 17 Dimensiones del pane	65
Ilustración 18 Termohigrómetro digital	66
Ilustración 19 Sonómetro digital	67
Ilustración 20 Higrómetro digital	67
Ilustración 21 Micrografia del zuro	71
Ilustración 22 Obtencion zuro post desgranado de maíz	84
Ilustración 23 Activación cal viv	84

Ilustración 24 Zuro post limpieza con cal viva.....	85
Ilustración 25 Ácido bórico en agua hirviendo.....	86
Ilustración 26 Zuro post tratado ácido bórico.....	86
Ilustración 27 Triturado con piedra	87
Ilustración 28 Triturado con molino de grano manual	87
Ilustración 29 Clasificación de gramajes.....	88
Ilustración 30 Zuro gramaje de 8mm a 4mm.....	88
Ilustración 31 Zuro gramaje 3mm a 0mm	88
Ilustración 32 Cartón en desuso.	89
Ilustración 33 Triturado de cartón en licuadora.....	89
Ilustración 34 Celulosa de cartón tratado con ácido bórico.....	90
Ilustración 35 Mezcla Celulosa de cartón con almidón de maíz	90
Ilustración 36 Implementación bicarbonato de sodio.....	91
Ilustración 37 Masas y proporciones del prototipo A.....	92
Ilustración 38 Mezcla uniforme del prototipo A	92
Ilustración 39 Masas y proporciones del prototipo B.....	93
Ilustración 40 Mezcla uniforme del prototipo B.....	93
Ilustración 41 Masas y proporciones del prototipo C.....	94
Ilustración 42 Mezcla uniforme del prototipo C.....	94
Ilustración 43 Moldaje a presión manual.....	95
Ilustración 44 Moldaje en prensa.....	95
Ilustración 45 Secado en horno de cocina	96
Ilustración 46 Paneles finales prototipo A y B.	96
Ilustración 47 Prototipo fallido gramaje 8mm a 4mm.....	101

Ilustración 48 Prototipo fallido con solo celulosa de cartón.....	101
Ilustración 49 Prototipo C partido	102
Ilustración 50 Prototipos A y B expuestos al sol.....	102
Ilustración 51 Prototipos A y B secados al sol	103
Ilustración 52 Masas de prototipos A y B secados al sol.....	103
Ilustración 53 Prueba al fuego Starlite.....	104
Ilustración 54 Prueba del aglomerante final al fuego	104
Ilustración 55 Construcción cajas de melamina	105
Ilustración 56 Caja de melamina	105
Ilustración 57 Medición temperatura en frízer caja de melamina.....	106
Ilustración 58 Diferencia de temperaturas en el frízer caja de melamina.....	106
Ilustración 59 Medición temperatura en horno de cocina caja de melamina.....	107
Ilustración 60 Diferencia de temperaturas en horno de cocina caja de melamina.....	107
Ilustración 61 Medición con sonómetro caja de melamina	108
Ilustración 62 Diferencia de temperaturas horno de cocina prototipo A.....	109
Ilustración 63 Diferencia temperaturas frízer prototipo A.....	110
Ilustración 64 Diferencias temperaturas horno de cocina prototipo B.	111
Ilustración 65 Diferencia temperaturas frízer prototipo B.....	112
Ilustración 66 Cajas revestidas con los prototipos A y B.	113
Ilustración 67 Medición con sonómetro dentro y fuera prototipo A.....	113
Ilustración 68 Medición con sonómetro dentro y fuera prototipo B.....	114
Ilustración 69 Medición humedad del prototipo A.....	115
Ilustración 70 Medición humedad del prototipo B.	115
Ilustración 71 Masa del prototipo A.....	116

Ilustración 72 Masa del prototipo B.....	117
Ilustración 73 Exposición al fuego prototipo A.....	117
Ilustración 74 Prueba de tacto prototipo A.....	118
Ilustración 75 Exposición al fuego prolongada prototipo A.....	118
Ilustración 76 Resultado exposición al fuego prototipo A	118
Ilustración 77 Exposición al fuego prototipo B.....	119
Ilustración 78 Prueba de tacto prototipo B.....	119
Ilustración 79 Exposición al fuego prolongada prototipo B.....	120
Ilustración 80 Resultado exposición al fuego prototipo B.....	120
Ilustración 81 Caracterizacion final prototipo A	125
Ilustración 82 Caracterizacion final prototipo B.....	125
Ilustración 83 Contaminación Auditiva por el Aeropuerto OLP Tarija	150
Ilustración 84 Consumo energético electrodomésticos.....	154
Ilustración 85 Costos según consumo electrodomésticos	155
Ilustración 86 Costos según consumo.	155
Ilustración 87 Costo Lana de vidrio en Bolivia	156

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables.....	60
Tabla 2 Operacionalización de Variables Dependiente	61
Tabla 3 Inventario ciclo de vida prototipo A.....	121
Tabla 4 Análisis impacto ambiental prototipo A.....	121
Tabla 5 Inventario ciclo de vida prototipo B.....	122
Tabla 6 Análisis impacto ambiental prototipo B.....	122
Tabla 7 Costos de producción prototipo A.....	123
Tabla 8 Costos de producción prototipo B.....	124
Tabla 9 Ciclo de Vida Materiales.....	136
Tabla 10 Ciclo de Vida Biomaterial Aislante.....	136
Tabla 11 Inventario ciclo de vida Biomaterial Aislante	137
Tabla 12 Análisis Impacto Ambiental Biomaterial Aislante	137
Tabla 13 Resultados pruebas prototipo A	140
Tabla 14 Resultados pruebas prototipo B.....	141
Tabla 15 Comparación resultados prototipos	142
Tabla 16 Resultados Biomaterial Aislante	143
Tabla 19 Comportamiento de las Temperaturas Máximas Medias.....	150
Tabla 24 Entrevista.....	153
Tabla 25 Energía incorporada total y emisiones de CO2 de la estructura de pared de bloques AAC.....	157

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Manejo de Variables	60
Gráfico 2 Temperatura Exterior	128
Gráfico 3 Temperatura Interior SIN Biomaterial Aislante	128
Gráfico 4 Temperatura Interior con Biomaterial Aislante	129
Gráfico 5 Humedad Relativa Exterior.....	129
Gráfico 6 Humedad Relativa Interior sin Biomaterial Aislante	130
Gráfico 7 Humedad Relativa Interior con Biomaterial Aislante.....	130
Gráfico 8 Datos Temperatura Máxima Extrema Ciudad de Tarija	149
Gráfico 9 Datos Temperatura Mínima Extrema Ciudad de Tarija.....	149
Gráfico 10 Percepción Cambio Climático en la Ciudad de Tarija	151
Gráfico 11 Accesibilidad a Alternativas mitigación del Clima	151
Gráfico 12 Tipos de Alternativas Utilizadas	151
Gráfico 13 Opinión Costos Alternativas para la mitigación del Clima. Fuente	152
Gráfico 14 Confort térmico y acústico necesidad en las viviendas actualmente.....	158
Gráfico 15 Porcentaje de conocimiento sobre materiales aislantes.....	158
Gráfico 16 Atractivo aislante de materiales naturales y reciclados.....	159
Gráfico 17Adopción material aislante natural con gran eficacia	159