

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**



**PROYECTO FINAL DE GRADO**

**“APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS CON ENFOQUE  
EN EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA, MEDIANTE EL  
SOPORTE DEL SOFTWARE ECOTECH ANALYSIS.”**

Por:

Claudia Lorena Fernández Soletto

Docente de la materia:

Arq. Ilsen Mogro

Proyecto presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”** como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Arquitectura y Urbanismo.

GESTIÓN 2022

Tarija – Bolivia

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esta responsable la tutora.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre por ser mi apoyo más grande, gracias por tener tanta fe en mí, incluso cuando ni yo la tenía, te amo madre, eres mi guía, luz y esperanza para seguir adelante, todo lo que puedo ser y lo que quiero ser, es para hacerte feliz y que siempre estés orgullosa de mí.

A mi padre porque aún sin saberlo me dejaste uno de los más grandes aprendizajes que pude recibir, gracias a ti soy una mujer más fuerte.

A Dios, te doy gracias por haberme encontrado en momentos de desesperación y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, el recibirte fue el primer paso para un gran cambio que me dejó muchas satisfacciones y felicidades.

*“Habitar es un trabajo difícil. Como el oficio de vivir, el de habitar exige continuo aprendizaje y atención, demanda un esfuerzo metódico y sistemático, y reclama una inversión desmesurada de tiempo y energía. Sorprende la naturalidad con la que la mayoría de nosotros llegamos a ejecutar los complicados rituales del espacio habitable. Al igual que sucede en el caso del lenguaje, la pericia en el uso se adquiere con el hábito, que pauta y domestica los gestos y las voces a través de la reiteración cotidiana de movimientos y palabras. Pues bien, este oficio fatigoso y habitual tiene en el arquitecto un obstáculo o un cómplice”*

**Luis Fernández-Galiano. 1995.**

## ÍNDICE

<i>PALABRAS CLAVES</i> .....	1
<i>VISIÓN GLOBAL</i> .....	1
<i>ESQUEMA METODOLÓGICO</i> .....	2
<b>UNIDAD I - MARCO TEÓRICO GENERAL</b>	
<i>1. Tipo de enfoque del proyecto de investigación</i> .....	3
<i>2. Introducción</i> .....	4
<i>3. Planteamiento del problema</i> .....	5
<i>4. Formulación de la pregunta científica de la investigación</i> .....	5
<i>5. Justificación</i> .....	6
<i>6. Planteamiento de objetivos</i> .....	7
<i>6.1. Objetivo general</i> .....	7
<i>6.2. Objetivos específicos</i> .....	7
<i>7. Hipótesis</i> .....	7
<b>UNIDAD II – MARCO CONCEPTUAL.</b>	
<i>1. Conceptualización del tema</i> .....	8
<i>1.1. Arquitectura sostenible</i> .....	8
<i>1.2. Calor específico</i> .....	8
<i>1.3. Conductividad térmica</i> .....	8
<i>1.4. Confort ambiental</i> .....	8
<i>1.5. Certificación energética</i> .....	8
<i>1.6. Eficiencia energética</i> .....	9
<i>1.7. Estrategias de diseño</i> .....	9
<i>1.8. Flujo de calor</i> .....	9
<i>1.9. Inercia térmica</i> .....	9
<i>1.10. Valor u</i> .....	9

### **UNIDAD III - MARCO HISTÓRICO**

1. Antecedentes.....	10
2. Referentes arquitectónicos.....	13
2.1. Ciudad de Masdar.....	13
2.2. Edificio NZEB MENDILLORRI (navarra).....	14
2.3. Edificio de la caf, Banco de desarrollo de américa latina.....	15

### **UNIDAD IV - MARCO TEÓRICO INVESTIGATIVO**

1. Sustento teórico investigativo.....	16
1.1. La eficiencia energética en la construcción de edificios y viviendas...	16
1.2. Beneficios y desventajas de la eficiencia energética.....	18
1.3 Estadísticas en cuanto al sector habitacional y sus impactos ambientales.....	18
1.4. Estadísticas en cuanto al sector habitacional y sus impactos ambientales.....	20
2. Ecotect: software de diseño de construcción sustentable.....	22
3. Teoría y enfoque teórico investigativo.....	23
4. Definición del método científico de estudio.....	25
4.1. Método científico de estudio explorativo descriptivo.....	25
4.2. Definición de variables.....	26
5. diseño de la investigación.....	27

### **UNIDAD V - MARCO TÉCNICO Y PROCESO INVESTIGATIVO**

1. Selección de aspectos más relevantes para la evaluación energética en viviendas.....	28
1.1. Requerimientos descartados:.....	29
1.2. Requerimientos a considerar:.....	29
2. Recolección de datos distrito 11.....	30
2.1.1. Descripción del distrito.....	30
2.1.2 Disponibilidad de servicios básico.....	31
2.1.3 Uso del suelo.....	32

2.1.4. Tenencia de vivienda distrito II .....	32
2.1.5. Calidad de vivienda.....	33
2.1.6. Normativa de uso del suelo.....	34
2.1.7. Tipología de viviendas.....	35
2.2. Factores climáticos.....	36
2.2.1. Asoleamiento.....	36
2.2.2. Energía solar.....	37
2.2.3. Vientos.....	38
2.2.4. Temperatura.....	39
2.2.5. Humedad.....	40
2.2.6. Precipitación pluvial.....	40
3. Selección de la muestra de estudio.....	41
3.1. Proceso de estudio para la evaluación de la muestra.....	41
4. Descripción general de las 3 viviendas de estudio.....	43
4.1. Ubicación dentro distrito.....	43
4.2. Descripción arquitectónica de las viviendas.....	44
4.3. Análisis energético actual vivienda caso de estudio.....	47
4.3.1. Envolvente (et) - estructura.....	47
4.3.2. Componentes constructivos (et).....	48
4.3.3. Acceso solar (et).....	50
4.3.4. Estudio de sombras (et).....	52
4.3.5. Ganancia solar (et).....	53
4.3.6. Comportamiento térmico (et).....	54
4.3.7. Temperaturas por hora global- invierno y verano (et).....	55
4.3.8. Demanda energética (et).....	59
4.3.9. Iluminación natural (in).....	60
4.3.10. Iluminación artificial (ia).....	62
4.3.11. Eficiencia luminosa.....	64
4.3.12. Consumo de energía por iluminación.....	65

4.3.13. Agua caliente sanitaria (acs).....	66
5. Discusión de resultados del estado actual de las muestras.....	66
5.1. Envolvente.....	66
5.2. Iluminación.....	68
5.3. Agua caliente sanitaria acs.....	69
6. Aplicación de estrategias para la optimización y el ahorro de energía enfocado a la envolvente e Iluminación.....	69
6.1. estrategias aplicadas.....	71
6.1.1. Envolvente térmica (et).....	71
6.1.2. Iluminación (in) (ia).....	72
6.1.3. Agua caliente sanitaria (acs).....	75
7. Resultados de las viviendas caso de estudio.....	77
7.1. Componentes constructivos (et).....	77
7.2. Ganancia solar (et).....	78
7.3. Comportamiento térmico (et).....	79
7.4. Demanda energética (et).....	82
7.5. Iluminación natural (in).....	83
7.6. Iluminación artificial (ia).....	85
7.7. Consumo de energía iluminación (ia).....	87
7.8. Agua caliente sanitaria (acs).....	88
8. Operacionalización de variables.....	89
9. Interpretación, validez y confiabilidad de datos obtenidos.....	93
9.1 Envolvente.....	94
9.2. Iluminación.....	95
9.3. Agua caliente sanitaria.....	98
10. Resultados obtenidos.....	99
11. Verificación y comprobación de objetivos planteado.....	99
12. Conclusiones y recomendaciones.....	100



## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Potencial de ahorro para construcciones / EP</i> .....	19
<i>Tabla 2. Medidas de Eficiencia Energética en Bolivia</i> .....	21
<i>Tabla 3. Variable Envolvente</i> .....	27
<i>Tabla 4. Variable Iluminación</i> .....	27
<i>Tabla 5. Variable ACS</i> .....	27
<i>Tabla 6. Síntesis de Indicadores de métodos de certificación internacionales</i> ....	28
<i>Tabla 7. Demografía Distrito 11</i> .....	30
<i>Tabla 8. Cobertura Servicios básicos</i> .....	31
<i>Tabla 9. Uso de suelo</i> .....	32
<i>Tabla 10. Tenencia Distrito 11</i> .....	32
<i>Tabla 11. Normativa de Uso del Suelo ZRAD-2</i> .....	34
<i>Tabla 12. Normativa de Uso del Suelo ZRBD-3</i> .....	34
<i>Tabla 13. Índices y parámetros por Tipología de vivienda</i> .....	36
<i>Tabla 14. Horas de sol al año</i> .....	37
<i>Tabla 15. Energía solar por Kwh</i> .....	38
<i>Tabla 16. Velocidad del viento</i> .....	38
<i>Tabla 17. Temperaturas promedio</i> .....	39
<i>Tabla 18. Humedad</i> .....	40
<i>Tabla 19. Precipitación Pluvial</i> .....	40
<i>Tabla 20. Equipos de monitoreo</i> .....	42
<i>Tabla 21. Información general vivienda 1</i> .....	44
<i>Tabla 22. Información general vivienda 2</i> .....	45
<i>Tabla 23. Información general vivienda 3</i> .....	46
<i>Tabla 24. Componentes constructivos Vivienda 1</i> .....	48
<i>Tabla 25. Componentes constructivos Vivienda 2</i> .....	49
<i>Tabla 26. Componentes constructivos Vivienda 3</i> .....	50
<i>Tabla 27. Temperatura por ambientes invierno. VIV 1</i> .....	55

<i>Tabla 28. Temperatura por ambientes invierno. VIV 2/3 .....</i>	56
<i>Tabla 29. Temperatura por ambientes verano. VIV 1 .....</i>	57
<i>Tabla 30. Temperatura por ambientes verano. VIV 2/3 .....</i>	58
<i>Tabla 31. Iluminación natural por áreas .....</i>	60
<i>Tabla 32. Iluminación Artificial por áreas –LUX. ....</i>	62
<i>Tabla 33. Eficiencia luminosa por lámparas de la vivienda .....</i>	64
<i>Tabla 34. Consumo por iluminación Artificial por áreas .....</i>	65
<i>Tabla 35. Agua Caliente Sanitaria estado actual .....</i>	66
<i>Tabla 36. Propiedades térmicas de los materiales de construcción .....</i>	71
<i>Tabla 37. Retardo Térmico .....</i>	71
<i>Tabla 38. Coeficiente de conductividad de materiales .....</i>	71
<i>Tabla 39. Requerimientos de iluminación para vivienda .....</i>	72
<i>Tabla 40. Características los focos .....</i>	74
<i>Tabla 41. Calificación energética de distintos tipos de lámparas .....</i>	75
<i>Tabla 42. Componentes constructivos viv 1 – 2. ....</i>	77
<i>Tabla 43. Componentes constructivos viv 3 .....</i>	78
<i>Tabla 44. Temperatura por ambiente – Invierno (Intervenido). ....</i>	79
<i>Tabla 45. Temperatura por ambiente – Verano (Intervenido) .....</i>	80
<i>Tabla 46. Iluminación natural por áreas (Intervenido).. ....</i>	83
<i>Tabla 47. Eficiencia luminosa por lámparas de la vivienda (Intervenido) .....</i>	85
<i>Tabla 48. Iluminación artificial Lux (Intervenido). ....</i>	86
<i>Tabla 49. Consumo por iluminación Artificial por áreas (Intervenido) .....</i>	87
<i>Tabla 50. ACS (Intervenido) .....</i>	88
<i>Tabla 51. Operacionalización de variable Envolvente 1 .....</i>	89
<i>Tabla 52. Operacionalización de variable Envolvente 2 .....</i>	90
<i>Tabla 53. Operacionalización de variable Iluminación Natural .....</i>	91
<i>Tabla 54. Operacionalización de variable Iluminación Artificial .....</i>	92
<i>Tabla 55. Operacionalización de variable ACS .....</i>	93
<i>Tabla 56. Comparación de resultados Variable Envolvente .....</i>	94
<i>Tabla 57. Comparación de resultados Variable Iluminación Natural .....</i>	95

<i>Tabla 58. Comparación de resultados Variable Iluminación Natural2</i> .....	96
<i>Tabla 59. Comparación de resultados Variable Iluminación artificial1</i> .....	96
<i>Tabla 60. Comparación de resultados Variable Iluminación artificial1</i> .....	97
<i>Tabla 61. Comparación de resultados Variable Agua Caliente Sanitaria</i> .....	98
<i>Tabla 62. Resultados obtenidos</i> .....	99
<i>Tabla 63. Comprobación de objetivos</i> .....	99

### **INDICE DE GRAFICOS**

<i>Grafico 1. Impacto ambiental del sector de la construcción/ EP</i> .....	19
<i>Grafico 2. Resumen del consumo y la Eficiencia Energética en Bolivia</i> .....	21
<i>Grafico 3. Estado general de la Eficiencia Energética en Bolivia</i> .....	21
<i>Grafico 4. Requerimientos a considerar</i> .....	29
<i>Grafico 5. Asoleamiento</i> .....	36
<i>Grafico 6. Energía Solar</i> .....	37
<i>Grafico 7. Velocidad Promedio Viento</i> .....	38
<i>Grafico 8. Velocidad Promedio Viento día más ventoso y más calmado</i> .....	38
<i>Grafico 9. Temperatura máxima y mínima promedio</i> .....	39
<i>Grafico 10. Temperatura promedio por hora</i> .....	39
<i>Grafico 11. Temperatura promedio por hora Invierno – Verano</i> .....	40
<i>Grafico 12. Niveles de comodidad de humedad</i> .....	40
<i>Grafico 13. Probabilidad y promedio mensual de precipitación</i> .....	41
<i>Grafico 14. Proceso de estudio</i> .....	41
<i>Grafico 15. Demanda energética - Viv 1</i> .....	59
<i>Grafico 16. Demanda energética - Viv 2</i> .....	59
<i>Grafico 17. Demanda energética - Viv 3</i> .....	59
<i>Grafico 18. Comparación con las mediciones de campo y las simulaciones</i> .....	67
<i>Grafico 19. Desempeño térmico de la ventana de vidrio</i> .....	72
<i>Grafico 20. Temperaturas global- invierno y verano</i> .....	81
<i>Grafico 21. Demanda energética - Viv 1</i> .....	82

<i>Grafico 22. Demanda energética - Viv 2.....</i>	82
<i>Grafico 23. Demanda energética - Viv 3.....</i>	82

### **INDICE DE IMAGENES**

<i>Imagen 1 Ciudad De Masdar.....</i>	13
<i>Imagen 2. Edificio Nzeb Mendillorri.....</i>	14
<i>Imagen 3. Edificio De La Caf, Banco De Desarrollo De América Latina.....</i>	15
<i>Imagen 4. Presidente de la Cámara de la Construcción de Santa Cruz (Cadecocruz), Guillermo Schurpp Rivera.....</i>	20
<i>Imagen 5. Ventana Software ECOTECT.....</i>	22
<i>Imagen 6. Descripción del distrito.....</i>	30
<i>Imagen 7. Disponibilidad de servicios básicos.....</i>	31
<i>Imagen 8. Uso de suelo.....</i>	32
<i>Imagen 9. Calidad de vivienda.....</i>	33
<i>Imagen 10. Calidad de vivienda.....</i>	33
<i>Imagen 11 Tipología de viviendas.....</i>	35
<i>Imagen 12. Ubicación dentro de la muestra dentro del distrito.....</i>	43
<i>Imagen 13. Planos arquitectónicos vivienda 1.....</i>	44
<i>Imagen 14. Planos arquitectónicos vivienda 2.....</i>	45
<i>Imagen 15. Planos arquitectónicos vivienda 3.....</i>	46
<i>Imagen 16. Estructura de las viviendas del caso de estudio.....</i>	47
<i>Imagen 17. Porcentajes de superficies y sus aberturas por fachada.....</i>	51
<i>Imagen 18. Porcentajes de superficies y sus aberturas por fachada.....</i>	52
<i>Imagen 19. Porcentajes de superficies y sus aberturas por fachada.....</i>	53
<i>Imagen 20. Confort térmico.....</i>	54
<i>Imagen 21. Espacios modelados y codificados por color.....</i>	54

<i>Imagen 22. Ejemplo de gráficos de temperatura de invierno por ambiente reporte Ecotect.....</i>	55
<i>Imagen 23. Ejemplo de gráficos de temperatura de verano por ambiente reporte Ecotect.....</i>	57
<i>Imagen 24. Iluminación natural en grilla Ecotect – Solsticio de Invierno y Verano.....</i>	61
<i>Imagen 25. Iluminación Artificial y Radio de influencia por lámpara en grilla Ecotect.....</i>	63
<i>Imagen 26. Fotografías de visita a levantamientos en viviendas.....</i>	69
<i>Imagen 27. Planos arquitectónicos de la vivienda 1 (Intervenido).....</i>	69
<i>Imagen 28. Planos arquitectónicos de la vivienda 2 (Intervenido).....</i>	70
<i>Imagen 29. Planos arquitectónicos de la vivienda (Intervenido).....</i>	70
<i>Imagen 30. Aislamiento en muro.....</i>	71
<i>Imagen 31. Proyección de sombras.....</i>	73
<i>Imagen 32. Forma y tamaño de ventanas. ....</i>	73
<i>Imagen 33. Diseño de marcos.....</i>	73
<i>Imagen 34. Aislamiento térmico en tuberías.....</i>	76
<i>Imagen 35. Eficiencia en equipos.....</i>	76
<i>Imagen 36. Porcentajes de superficies y sus aberturas por fachada.....</i>	78
<i>Imagen 37. Iluminación natural en grilla Ecotect – Solsticio de Invierno – Verano (Intervenido).....</i>	84
<i>Imagen 38. Fotografías de instalación de termotanque V 2.....</i>	88