

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

TESIS DE GRADO

TEMA:

**PAUTAS BIOCLIMÁTICAS PARA ASENTAMIENTOS
HUMANOS EN LA CIUDAD DE TARIJA**

AUTOR: SHIRLEY NOEMI QUISPE OJEDA

**Tesis de grado, presentada a consideración de “UNIVERSIDAD AUTONOMA
JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar al grado académico de
licenciatura en Arquitectura y Urbanismo.**

**Diciembre del 2014
TARIJA – BOLIVIA**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo al Creador de todas las cosas, por haberme dado vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba.

TEMA:

PAUTAS BIOCLIMÁTICAS PARA ASENTAMIENTOS HUMANOS DE LA CIUDAD DE TARIJA

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

	Página
1. Introducción.....	1
2. Planteamiento del problema	1
2.1. Fundamentación del problema.....	2
3. Delimitación del tema.....	2
4. Justificación del tema.....	2
5. Objetivo.....	4
5.1. Objetivo personal	4
5.2. Objetivo académico.....	4
5.3. Objetivo general.....	4
5.4. Objetivos específicos.....	4
6. Preguntas orientadoras.....	5
7. Hipótesis.....	5
8. Materiales y métodos.....	5

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

1. Antecedentes	9
1.1. La Huella ecológica	9
1.1.1. La ciudad como ecosistema urbano	10
1.2. Urbanismo Bioclimático	11
1.2.1. Principios Básicos.....	12
1.3. Situación actual del Urbanismo Bioclimático	12
1.3.1. Experiencias en el mundo	12
1.3.1.1. Ciudad de Curitiba.....	12
1.3.1.2. El distrito de Kronsberg, Alemania	15
1.3.1.3. Mentougou - China	18
2. Variables de los medios natural y urbano	20
2.1. Variables del medio urbano	20

	Página
2.1.1. Espacios cerrados	20
2.1.2. Espacios libres	21
2.1.3. Manzanos	22
2.1.4. Parcelas	22
2.1.5. Red viaria	23
2.2. Variables del medio natural	23
2.2.1. El soleamiento	23
2.2.2. El viento	24
2.2.2.1. Factores que modifican la velocidad y dirección del viento	25
2.2.3. La humedad en el ambiente	26
2.2.4. La Topografía	27
2.2.5. La vegetación	27
2.2.5.1. Acción sobre la humedad ambiental	27
2.2.5.2. Acción sobre la velocidad del aire	28
2.2.5.3. Acción sobre la radiación solar	28
2.2.5.6. Protección contra el ruido	29
2.3. Interacción entre los medios natural y urbano	29
2.4. Conclusiones	30

CAPÍTULO III: NECESIDADES CLIMÁTICAS DE LA CIUDAD DE TARIJA

1. Parámetros climáticos de la ciudad	31
1.1. Vientos	31
1.1.1. Rosa de los vientos local	32
1.1.1.1. Primavera	33
1.1.1.2. Verano	34
1.1.1.3. Otoño	35
1.1.1.4. Invierno	36
1.1.1.5. Anual	37
1.2. Temperaturas	38
1.3. Humedad relativa	39
2. Necesidades climáticas de la ciudad de Tarija	40
2.1. Elaboración de la carta bioclimática local	41
2.1.1. Carta bioclimática de otoño y primavera	44
2.1.2. Carta bioclimática de invierno	45

	Página
2.1.3. Carta bioclimática de verano	46
2.1.4. Carta bioclimática anual	47
2.2. Variaciones de la temperatura por sensación térmica	48
2.2.1. Tabla para calcular la sensación térmica por efecto de la humedad	49
2.2.2. Tabla para calcular la sensación térmica por efecto del viento.....	50
2.3. Corrección de la carta bioclimática por efecto del viento y la humedad.....	51
3. Proceso de cuantificación	52
4. Conclusiones	54

CAPÍTULO IV: GEOMETRÍA SOLAR DE LA CIUDAD DE TARIJA Y SU INFLUENCIA EN LOS ESPACIOS PÚBLICOS

1. Carta solar estereográfica	55
2. Carta solar cilíndrica	57
3. Altura máxima de volúmenes construidos de acuerdo a las sombras arrojadas	58
3.1. Orientación norte sur.....	59
3.2. Orientación este oeste.....	61
3.3. Orientación de calles: noroeste sureste	63
3.4. Orientación de calles: suroeste noreste.....	65
4. Conclusión.....	67

CAPÍTULO V: CATÁLOGO DE PRÁCTICAS BIOCLIMÁTICAS PARA LA EDIFICACIÓN

1. Necesidad de radiación solar y acumulación de calor.....	68
2. Necesidad de protecciones solares.....	72
3. Necesidad ventilación natural y/o refrigeración pasiva.....	78
4. Trama urbana con huecos intersticiales.....	83
5. Conclusión	83

CAPÍTULO VI: PAUTAS BIOCLIMÁTICAS PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS

	Página
Artículo 1. Estructura Urbana	85
Artículo 2. Zonas Verdes	88
Artículo 3. Condiciones de las manzanas	92
Artículo 4. Condiciones de las parcelas	94
Artículo 5. Condiciones de la edificación	97
Conclusiones	98

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LÍNEAS DE ACCIÓN FUTURAS

1. Conclusiones y recomendaciones	99
2. Líneas de acción	100
2.1. Análisis de la influencia de los vientos en la ciudad	101
2.2. Estudio de las sombras generadas en los diferentes tipos de pendientes existentes en la ciudad	101
2.3. Islas de calor urbanas.....	101
2.4. Asfalto sostenible	101
2.5. Enverdecimiento de la ciudad	101
2.6. Las condiciones formales de la edificación	102
2.7. Las condiciones estéticas de la edificación	102
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXOS	105

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 El ciclo urbano insostenible	10
Figura 2 Urbanismo bioclimático	11
Figura 3 Ubicación de Curitiba en el mapa	13
Figura 4 Centro histórico de Curitiba	13
Figura 5 Reestructuración de vías en Curitiba	14
Figura 6 Espacios naturales y áreas verdes Curitiba	15
Figura 7 Ubicación de Hannover en el mapa	15
Figura 8 Distrito de Kronsberg Alemania	16
Figura 9 Distrito de Kronsberg Alemania	16
Figura 10 Distrito de Kronsberg Alemania	17
Figura 11 Manzano visto en planta	18
Figura 12 Eco – Valle Mentougou en China	18
Figura 13 Eco – Valle Mentougou en China	19
Figura 14 Modelo de apartamento de ciudad	19
Figura 15 Modelo de Cuña	20
Figura 16 Modelo de terraza	20
Figura 17 Diferentes formas de incidencia del sol en la tierra	24
Figura 18 Incidencia del viento en la ciudad	24
Figura 19 El viento en Barlovento y Sotavento	25
Figura 20 Topografía	27
Figura 21 Vegetación	27
Figura 22 La vegetación y su influencia en el viento	28
Figura 23 Como ahorrar energía colocando vegetación	28
Figura 24 Solicitaciones ambientales de la envolvente de una vivienda	29
Figura 25 Carta solar y ubicación de las fachadas estudiadas	59
Figura 26 Estudio de soleamiento en volúmenes	59
Figura 27 Carta solar y ubicación de las fachadas estudiadas	61

	Pág.
Figura 28 Estudio de soleamiento en volúmenes	61
Figura 29 Carta solar y ubicación de las fachadas estudiadas	63
Figura 30 Estudio de soleamiento en volúmenes	63
Figura 31 Carta solar y ubicación de las fachadas estudiadas	65
Figura 32 Estudio de soleamiento en volúmenes	65
Figura 33 Captación de la radiación solar directa	68
Figura 34 Captación de la radiación solar directa	68
Figura 35 Invernadero acristalado	69
Figura 36 Invernadero acristalado	69
Figura 37 Muro trombe	70
Figura 38 Captación en muro trombe	70
Figura 39 Patio acristalado en el día	71
Figura 40 Patio acristalado en la noche	71
Figura 41 Protección exterior fija	72
Figura 42 Protección exterior fija	72
Figura 43 Pérgolas	73
Figura 44 Celosías	73
Figura 45 Protección horizontal exterior fija	74
Figura 46 Protección vertical exterior fija	74
Figura 47 Protección móvil exterior	75
Figura 48 Toldo exterior	75
Figura 49 Persiana interior móvil	76
Figura 50 Protección con vegetación de hoja caduca	77
Figura 51 Protección con vegetación	77
Figura 52 Paneles aislantes térmicos	78
Figura 53 Disposición de huecos enfrentados	79
Figura 54 Ventilación cruzada	79
Figura 55 Ventilación por efecto chimenea	80
Figura 56 Ventilación por efecto Venturi	80

	Pág.
Figura 57 Partículas de agua suspendidas	81
Figura 58 Refrigeración pasiva	81
Figura 59 Fachada vegetal en forma de gavión	82
Figura 60 Muro tipo gavión	82
Figura 61 Trama urbana densidad media con huecos intersticiales	83
Figura 62 Calles en dirección norte sur	85
Figura 63 Distribución de calle de 14 metros	86
Figura 64 Características de una peatonal	87
Figura 65 Forma de canalizar agua de lluvia	88
Figura 66 Características recomendables para plazas	89
Figura 67 Sombras arrojadas por la vegetación media y alta	90
Figura 68 Orilla de quebradas y ríos	92
Figura 69 Orientación de manzanos	92
Figura 70 Patios de manzana	93
Figura 71 Ordenación eficiente de manzanos	94
Figura 72 Condiciones de la parcela	95
Figura 73 Voladizos permitidos - prohibidos	97
Figura 74 Manzano del centro de la ciudad en invierno	113
Figura 75 Fotos de las calles Sucre y Madrid	113
Figura 76 Manzano del centro de la ciudad en verano	114
Figura 77 Fotos de las calles Ingavi y Daniel Campos	114
Figura 78 Manzano IV Centenario en invierno	115
Figura 79 Fotos del barrio IV Centenario	115
Figura 80 Manzano IV Centenario en verano	116
Figura 81 Fotos del barrio IV Centenario	116
Figura 82 Manzano del barrio Juan XXIII en invierno	117
Figura 83 Fotos del barrio Juan XXIII	117
Figura 84 Manzano Juan XXIII en verano	118
Figura 85 Fotos del barrio Juan XXIII	118

	Pág.
Figura 86 Comportamiento del viento en diferentes volúmenes contruidos	119
Figura 87 Comportamiento del viento en diferentes pendientes	120
Figura 88 Heliódón y maquetas utilizadas	131
Figura 89 Análisis de diferentes volúmenes de bloques y las sombras arrojadas en las vías	131
Figura 90 Análisis de diferentes volúmenes de bloques y las sombras arrojadas en las vías	132
Figura 91 Análisis de diferentes volúmenes de bloques y la vegetación circundante	132

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Velocidad del viento por meses en km/h	31
Gráfico 2 Velocidad del viento por estaciones en km/h	32
Gráfico 3 Rosa de los vientos para primavera	33
Gráfico 4 Rosa de los vientos para verano	34
Gráfico 5 Rosa de los vientos para otoño	35
Gráfico 6 Rosa de los vientos para invierno	36
Gráfico 7 Rosa de los vientos Anual	37
Gráfico 8 Temperaturas medias estacionales	38
Gráfico 9 Humedad relativa por estación	39
Gráfico 10 Humedad relativa por meses	40
Gráfico 11 Carta bioclimática de otoño y primavera	45
Gráfico 12 Carta bioclimática de invierno	46
Gráfico 13 Carta bioclimática de verano	47
Gráfico 14 Carta bioclimática Anual	48
Gráfico 15 Carta bioclimática con correcciones para primavera y otoño	52
Gráfico 16 Carta bioclimática con correcciones para invierno	52
Gráfico 17 Carta bioclimática con correcciones para verano	52

	Pág.
Gráfico 18	Carta bioclimática anual con correcciones 52
Gráfico 19	Carta solar estereográfica latitud y longitud Tarija 56
Gráfico 20	Carta solar cilíndrica latitud y longitud Tarija 57
Gráfico 21	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 68
Gráfico 22	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 69
Gráfico 23	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 70
Gráfico 24	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 71
Gráfico 25	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 72
Gráfico 26	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 73
Gráfico 27	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 74
Gráfico 28	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 75
Gráfico 29	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 76
Gráfico 30	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 77
Gráfico 31	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 78
Gráfico 32	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 79
Gráfico 33	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 80
Gráfico 34	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 81
Gráfico 35	Fachadas recomendables para la aplicación de la estrategia 82
Gráfico 36	Distribución horario para primavera 123
Gráfico 37	Distribución horario para otoño 124
Gráfico 38	Distribución horario para invierno 125
Gráfico 39	Distribución horario para verano 126
Gráfico 40	Distribución horario Anual 127

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Metodología utilizada en el trabajo 8
Cuadro 2	Captación de la radiación solar directa 68

	Pág.	
Cuadro 3	Captación independiente: invernadero acristalado	69
Cuadro 4	Captación en muro trombe	70
Cuadro 5	Patio acristalado	71
Cuadro 6	Protección exterior fija	72
Cuadro 7	Protección de huecos con umbráculos exteriores	73
Cuadro 8	Protección huecos parasoles horizontales y verticales exteriores	74
Cuadro 9	Protección móvil exterior huecos (toldos)	75
Cuadro 10	Protección móvil interior huecos (persiana)	76
Cuadro 11	Protección con vegetación de hoja caduca	77
Cuadro 12	Paneles aislantes térmicos en muros perimetrales	78
Cuadro 13	Disposición de huecos enfrentados	79
Cuadro 14	Ventilación por efecto chimenea y Venturi	80
Cuadro 15	Enfriamiento por evaporación	81
Cuadro 16	Fachada vegetal en forma de gavión	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	El ciclo urbano y los síntomas de la patología urbana	11
Tabla 2	Interacción entre los medios natural y urbano	30
Tabla 3	Velocidad y dirección del viento para meses correspondientes a Primavera	33
Tabla 4	Resumen de la velocidad del viento para Primavera	33
Tabla 5	Velocidad y dirección del viento para meses correspondientes a Verano	34
Tabla 6	Resumen de la velocidad del viento para Verano	34
Tabla 7	Velocidad y dirección del viento para meses correspondientes a Otoño	35
Tabla 8	Resumen de la velocidad del viento para Otoño	35

	Pág.	
Tabla 9	Velocidad y dirección del viento para meses de Invierno	36
Tabla 10	Resumen de la velocidad del viento para Invierno	36
Tabla 11	Velocidad y dirección del viento Anual	37
Tabla 12	Resumen de la velocidad del viento Anual	37
Tabla 13	Equivalencia en tipo de vestimenta	42
Tabla 14	Temperaturas por corrección de humedad menor a 20°	49
Tabla 15	Temperaturas por corrección de humedad superior a 20°	50
Tabla 16	Velocidades del viento y su efecto en las temperaturas	50
Tabla 17	Corrección de temperaturas por efecto de la humedad y el viento	51
Tabla 18	Medidas correctoras según las necesidades del asentamiento	53
Tabla 19	Azimut solar para la ciudad de Tarija	56
Tabla 20	Altura solar para la ciudad de Tarija	58
Tabla 21	Altura de edificación recomendable para edificios sobre calles de orientación norte sur	60
Tabla 22	Altura de edificación recomendable para edificios sobre calles de orientación este oeste	62
Tabla 23	Altura de edificación recomendable para edificios sobre calles de orientación noroeste sureste	64
Tabla 24	Altura de edificación recomendable para edificios sobre calles de orientación suroeste noreste	66
Tabla 25	Número de meses en primavera que presentan las condiciones indicadas en la carta bioclimática – análisis de 30 años	121
Tabla 26	Número de meses en verano que presentan las condiciones indicadas en la carta bioclimática – análisis de 30 años	121
Tabla 27	Número de meses en otoño que presentan las condiciones indicadas en la carta bioclimática – análisis de 30 años	122
Tabla 28	Número de meses en invierno que presentan las condiciones indicadas en la carta bioclimática – análisis de 30 años	122

	Pág.
Tabla 29 Ponderación total de necesidades climáticas para las cuatro estaciones y un año redondo	122
Tabla 30 Resumen de la gráfica de temperaturas horarias para Primavera	124
Tabla 31 Resumen de la gráfica de temperaturas horarias para Otoño	125
Tabla 32 Resumen de la gráfica de temperaturas horarias para Invierno	126
Tabla 33 Resumen de la gráfica de temperaturas horarias para Verano	127
Tabla 34 Resumen de la gráfica de temperaturas horarias para Verano	128
Tabla 35 Análisis de las sombras arrojadas por volúmenes en diferentes pendientes	129
Tabla 36 Análisis de las sombras arrojadas por volúmenes en pendiente norte - sur	130

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Evaluación bioclimática del Plan de Ordenamiento Territorial Municipal	107
Anexo 2 Análisis de tres espacios de la ciudad desde el punto de vista bioclimático, para detectar los problemas que estos presentan	112
Anexo 3 Pequeño estudio del viento y la influencia del espacio construido en el mismo	119
Anexo 4 Tablas de análisis climático de la ciudad de Tarija	121
Anexo 5 Gráficas de la distribución horaria de las temperaturas	123
Anexo 6 Análisis de altura de edificación en vías vecinales en diferentes pendientes	129
Anexo 7 Fotografías de las pruebas realizadas con el Heliodón	131