



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO
PROGRAMA EDUCATIVO DE ARQUITECTURA

**MANUAL DE DISEÑO PASIVO PARA EL ARQUITECTO:
UN REFLEJO DEL ANÁLISIS CLIMÁTICO Y BIOCLIMÁTICO DE
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ARQUITECTO

QUE PRESENTA
BLANCA YURIRIA HUERTA TAPIA

Correo electrónico UABC: yuriria.huerta@uabc.edu.mx
Correo personal: yuriria.hu@gmail.com

Director de tesis: Dr. Arq. Julio César Rincón Martínez
Identificador ORCID: orcid.org/0000-0002-1946-3609

Co-Director de tesis: Dr. Arq. John Martín Evans
Identificador ORCID: orcid.org/0000-0001-9204-2598

Ensenada, B.C., octubre de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO

MANUAL DE DISEÑO PASIVO PARA EL ARQUITECTO:
UN REFLEJO DEL ANÁLISIS CLIMÁTICO Y BIOCLIMÁTICO DE
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

TESIS

PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ARQUITECTO

PRESENTA:

BLANCA YURIRIA HUERTA TAPIA

Aprobada por:



Dr. Julio César Rincón Martínez
Director
(Presidente)



Dr. John Martín Evans
Codirector
(Secretario)



Dra. Silvia de Schiller
Sinodal
(Vocal)



Dr. Francisco Fernández Melchor
Sinodal
(Vocal)



Dr. Marcos Eduardo González Trevizo
Sinodal
(Vocal)

Ensenada, B. C., octubre de 2018



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO

PROGRAMA EDUCATIVO DE ARQUITECTURA

MANUAL DE DISEÑO PASIVO PARA EL ARQUITECTO: UN REFLEJO DEL ANÁLISIS CLIMÁTICO Y BIOCLIMÁTICO DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ARQUITECTO

QUE PRESENTA

BLANCA YURIRIA HUERTA TAPIA

Correo electrónico UABC: yuriria.huerta@uabc.edu.mx

Correo personal: yuriria.hu@gmail.com

Director de tesis: Dr. Arq. Julio César Rincón Martínez
ORCID: orcid.org/0000-0002-1946-3609

Co-Director de tesis: Dr. Arq. John Martín Evans
ORCID: orcid.org/0000-0001-9204-2598

Revisores de tesis: Dra. Arq. Silvia de Schiller
Dr. Arq. Francisco Fernández Melchor
Dr. Arq. Marcos Eduardo González Trevizo

Ensenada, B.C., octubre de 2018

DEDICATORIA

A mis padres,

Con amor y respeto,
por ser los pilares de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

por darme la vida y regalarme a cada una de las personas que están en ella.

A mi madre

Virginia Tapia Mejía

que con empeño y esfuerzo me apoyo a concluir mis estudios; y por enseñarme que los obstáculos con valentía y trabajo se superan.

A mi padre

Marco Antonio Huerta Meléndrez

que con sus consejos, valores y amor, me enseñó a ser una persona de bien.

A mi director de tesis

Dr. Arq. Julio César Rincón Martínez

por su apoyo y motivación para realizar este trabajo.

Al Joven

Juan Pablo Castro Ledesma

por el cariño y el apoyo incondicional a pesar de la distancia.

A ti

por tomarte el tiempo para consultar este documento.

RESUMEN

La Arquitectura, entendida como la adecuación del entorno natural para satisfacer las diferentes necesidades del ser humano, implica que cada edificio construido en la faz de la Tierra debiera adecuarse a su entorno y ser armónico en el medio en el que se emplaza. No obstante, el proceso de diseño convencional que, desde la revolución industrial los arquitectos y los urbanistas han adoptado para el desarrollo de sus proyectos, ha ido dejando de lado de forma paulatina el análisis del sitio y el aprovechamiento de los recursos naturales que pudiera ofrecer el entorno en el que se proyecta. En la ciudad de Ensenada, Baja California, no es la excepción.

El objetivo principal de este trabajo es, por un lado, realizar un análisis específico del clima en la ciudad de Ensenada en aras de conformar, por otro lado, una guía básica de diseño arquitectónico pasivo sustentada en las estrategias de diseño que promueve la Arquitectura Bioclimática. Lo anterior, con el propósito de contribuir en el confort integral de los espacios interiores, promover la eficiencia energética en los edificios y armonizar la relación Arquitectura-Medio Ambiente.

El manual se basó en una investigación documental de las condiciones actuales del diseño y la construcción a nivel global y local, y rescató los estudios análogos en los cuales diferentes organismos o instituciones, tanto mexicanas como extranjeras, han realizados manuales o guías de diseño con similar alcance. Asimismo, se realizó un análisis climático-bioclimático de la ciudad de Ensenada con datos históricos registrados en el periodo 2000-2017 por el Servicio Meteorológico Nacional, y el apoyo de una herramienta informática de procesamiento de datos: Bioclimatic Analysis Tool.

La guía de diseño pasivo generada a partir del análisis climático y los requerimientos bioclimáticos específicos de Ensenada, concentra diferentes técnicas de diseño agrupadas en las estrategias siguientes: calentamiento (de octubre a junio), enfriamiento (de julio a septiembre), deshumidificación (de febrero a octubre) y humidificación (de noviembre a enero). Lo anterior deriva de que el bioclima de Ensenada es templado-seco y sus condiciones térmicas al exterior en nueve meses son predominantemente frías. La guía de diseño se basó en una investigación documental y un discernimiento estricto de las diferentes literaturas que promueven el diseño y la construcción sustentable.

Palabras clave: Arquitectura bioclimática, Confort térmico, Eficiencia energética, Estrategias de diseño pasivo, Manual de diseño para el arquitecto.

ABSTRACT

Architecture is the natural environment adaptation to meet the different needs of the human; therefore each building built on the surface of the Earth should be adapted to its natural environment. The current design process of architects and urban planners, since the industrial revolution, has been reducing the priority of site analysis and the use of natural resources in the environment in which it is projected. In Ensenada city, Baja California, it's not the exception.

The objective of this document is to elaborate a passive architectural design basic guide based on design strategies that promote Bioclimatic Architecture and Sustainability in building, based on a specific analysis of climate and bioclimatic requirements in Ensenada city, in order to contribute to the comfort indoors, promote energy efficiency in buildings and equilibrate the Architecture-Environment relationship.

The manual was based on a documentary investigation of the current conditions of design and construction in the world and the state of Baja California, and it detected analogous studies of other passive design manuals. Likewise, a climate-bioclimatic analysis of Ensenada city was conducted with historical data recorded by the National Meteorological Service in the period 2000-2017, and the use of the Bioclimatic Analysis Tool, a computer tool for processing and presenting climate data.

The passive design guide concentrates different design techniques grouped into the following strategies: heating (from October to June), cooling (from July to September), dehumidification (from February to October) and humidification (from November to January). This is due to the fact that Ensenada has a temperate-dry bioclimate and its thermal conditions outside are predominantly cold. The design guide was based on a documentary research and a strict discernment of the different literatures that promote sustainable design and construction on the worldwide.

Keywords: Bioclimatic architecture, Thermal comfort, Energy efficiency, Passive design strategies, Design manual for the architect.

INDICE

RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1. Problemática	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1. General	5
1.2.2. Específicos	5
1.3. Hipótesis	6
1.3.1. General	6
1.3.2. Específicas	6
1.4. Metodología	6
1.5. Referentes geográficos	7
1.6. Conclusión	9
2. CAPÍTULO II. ANTECEDENTES	10
2.1. Marco teórico	11
2.2. Estado del Arte	22
2.3. Conclusión	26
3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.1. Investigación documental	27
3.2. Obtención de datos	28
3.3. Procesamiento	28
3.4. Presentar o graficar	28
3.5. Interpretación	28
3.6. Conclusión	30
4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS CLIMÁTICO-BIOCLIMÁTICO DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA	31

4.1.	Análisis climático	31
4.2.	Análisis paramétrico	35
4.2.1.	Temperatura	36
4.2.2.	Humedad Relativa	40
4.2.3.	Precipitación pluvial y Evaporación	45
4.2.4.	Radiación Solar	46
4.2.5.	Nubosidad	48
4.2.6.	Viento	49
4.2.7.	Días Grado	61
4.3.	Análisis bioclimático	62
4.3.1.	Tablas de Mahoney	63
4.3.2.	Triángulos de confort	65
4.3.3.	Diagrama bioclimático	66
4.3.4.	Diagrama psicrométrico	67
4.3.5.	Nomograma de Temperatura Efectiva Corregida	70
4.3.6.	Gráfica solar	72
4.4.	Conclusión	78
5.	CAPÍTULO V. MANUAL DE DISEÑO PASIVO ARQUITECTÓNICO ACORDE A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE ENSENADA	79
5.1.	Estrategia de Calentamiento Pasivo	81
5.1.1.	Configuración compacta	82
5.1.2.	Muros interiores altos	83
5.1.3.	Orientación respecto al eje térmico	83
5.1.3.1.	Norte	84
5.1.3.2.	Este	84
5.1.3.3.	Sur	84
5.1.3.4.	Oeste	84
5.1.4.	Calentamiento directo (diseño de ventanas)	85
5.1.5.	Calentamiento solar indirecto (masa térmica)	87
5.1.6.	Muro trombe	88
5.1.7.	Efecto invernadero	89
5.1.8.	Captador solar	90
5.1.9.	Pisos radiantes	91
5.1.10.	Aislamiento térmico en techo	92
5.2.	Estrategia de Enfriamiento Pasivo	93

5.2.1.	Configuración abierta (volumetría extendida)	93
5.2.2.	Muros interiores bajos	93
5.2.3.	Orientación respecto al eje eólico	94
5.2.4.	Ventilación	95
5.2.4.1.	Cruzada	95
5.2.4.2.	Unilateral	96
5.2.4.3.	Inducida	97
5.2.4.4.	Forzada	97
5.2.5.	Efecto venturi	98
5.2.6.	Efecto tipo fresquera	98
5.2.7.	Cubiertas y muros verdes (Naturados)	99
5.2.8.	Enfriamiento evaporativo	100
5.2.8.1.	Directo	100
5.2.8.2.	Indirecto	100
5.2.8.3.	Fuentes	101
5.2.8.4.	Espejos de agua	101
5.2.8.5.	Muro llorón	102
5.2.8.6.	Cubierta de agua	102
5.2.9.	Sombreado (malla sombra)	103
5.2.10.	Dispositivos de control solar	103
5.2.10.1.	Volado/ Cantiliver	103
5.2.10.2.	Partesoles	104
5.2.10.3.	Parteluces	104
5.2.10.4.	Pérgolas	105
5.2.10.5.	Marcos	105
5.2.10.6.	Celosías	106
5.2.10.7.	Persianas	106
5.2.11.	Doble muro	107
5.2.12.	Doble cubierta	107
5.2.13.	Cámara plena	108
5.2.14.	Ventanas Low-E	109
5.2.15.	Patios internos	109
5.3.	Humidificación	110
5.3.1.	Vegetación	110
5.3.1.1.	Vegetación perenne	111
5.3.1.2.	Vegetación caducifolia	111
5.4.	Deshumidificación	111
5.4.1.	Esquema palafito	111

5.5. Conclusión	113
6. CAPÍTULO VI. PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS EN LOS QUE SE APLICAN TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS PRESENTADAS EN EL MANUAL	114
6.1. Casa G, Argentina	114
6.2. Escuela Teniente Merino de Cochrane, Chile	119
6.3. Campus de la Universidad de Manitoba, Canadá	120
CONCLUSIONES GENERALES	122
RECOMENDACIONES	124
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	125

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Ubicación de la EMA BC02-Ensenada y el Observatorio Sinóptico de Ensenada (Elaboración propia a partir de información del SMN-CONAGUA e imágenes de Google Earth)..... 32
- Figura 2.** Comportamiento mensual de las temperaturas máximas, media y mínimas frente a la ZC del modelode Auliciems y Szokolay —5,0 K— (Gráfica elaborada apartir de datos climáticos procesados por la BAT). 37
- Figura 3.** *Arriba.* Representación horaria de la temperatura promedio mensual y anual presentada durante el transcurso del día, a partir del Modelo de Auliciems y Szokolay (1997) —5,0 K—. *A la Izquierda.* Rangos de temperatura y simbología cromática que representan la intensidad térmica horaria durante un día mensual y anual. *Al Centro.* Recorrido horario de temperaturas mensuales. *A la Derecha.* Requerimientos anuales de enfriamiento o calentamiento para lograr la ZC (Gráficos elaborados apartir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio). 38
- Figura 4.** Comportamiento mensual de las HR mínima, media y máxima, frente a la ZC permisible que acepta un rango del 30,0 % al 70,0 % (Gráfica elaborada a partir de datos climáticos procesados por la BAT)..... 42
- Figura 5.** *Arriba.* Representación horaria del recorrido de la HR promedio mensual y anual presentada durante el día. *A la Izquierda.* Rangos de humedad y simbología cromática que representan la intensidad de humedad horaria durante un día mensual y anual. *Al centro.* Comportamiento horario de humedades mensuales durante el día. *A la Derecha.* Requerimientos anuales para lograr la zona de confort (Gráficos elaborados a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio)..... 43
- Figura 6.** Comportamiento mensual de la precipitación respecto a la evaporación durante el año (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio)..... 46
- Figura 7.** Comportamiento mensual de las RSg, RSb y RSd máximas promedio respecto a los niveles aceptables de Radiación Solar —para aprovechamiento de energía renovable—(Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio)..... 47
- Figura 8.** Comportamiento mensual de la nubosidad (días nublados, medio nublados y despejados) durante todo el año (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio). 48
- Figura 9.** Rosa anual de vientos dominantes y reinantes. Procedencia del viento a partir de promedios anuales por dirección (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio)..... 51

Figura 10. Rosa de los Vientos Octogonal. Comportamiento mensual del viento presentado por rumbo a partir de la frecuencia y velocidad (Gráfico elaborado con datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio). ...	53
Figura 11. Rosas mensuales de viento (de Enero a Junio, primer semestre) que representan el comportamiento del viento a partir de su frecuencia, procedencia e intensidad (Gráficos elaborados a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).....	58
Figura 12. Rosas mensuales de viento (de Julio a Diciembre, segundo semestre) que representan el comportamiento del viento a partir de su frecuencia, procedencia e intensidad (Gráficos elaborados a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).....	59
Figura 13. Velocidad media del viento por orientación respecto a la velocidad recomendada por Evans (2007) para ventilar interiores: 1,0 m/s (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).	60
Figura 14. Velocidades mensuales de viento (media y máxima) respecto a la velocidad recomendada por Evans (2007) para ventilar interiores: 1,0 m/s (Gráfico a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio).	61
Figura 15. Requerimientos mensuales de enfriamiento y/o calentamiento a lo largo del año (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).....	62
Figura 16. Triángulos de Confort (Evans, 2000), muestran cuatro ZC y las actividades mensuales que se pueden desarrollar según las condiciones térmicas.	65
Figura 17. Triángulos de Confort de John Martin Evans (2000). Recomendaciones bioclimáticas pasivas resultantes de graficar conjuntamente la temperatura media y la oscilación térmica, ambas mensuales (Gráfica elaborada a partir de datos climáticos procesados).	66
Figura 18. Diagrama Bioclimático para la ciudad de Ensenada. Este diagrama originalmente fue desarrollado por los hermanos Olgay y posteriormente fue adaptado por el Dr. Steven Szokolay (Gráfica elaborada a partir de datos climáticos procesados del sitio en estudio).	67
Figura 19. Diagrama Psicrométrico de Baruch Givoni. Permite graficar la temperatura de bulbo seco —máxima y mínima— contra la humedad relativa —mínima y máxima, respectivamente—, arrojando estrategias bioclimáticas por mes con el objeto conseguir una ZC durante el transcurso del día (Gráfica elaborada a partir de datos climáticos procesados del sitio en estudio).	69
Figura 20. Nomograma de Temperatura Efectiva Corregida de Houghten, Yaglou and Miller. Permite graficar la temperatura de bulbo seco con la temperatura de bulbo húmedo, arrojando una sensación subjetiva térmica a partir de una	

determinada velocidad del viento (Gráfica elaborada a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).	71
Figura 21. Ángulo mensual de la altura solar para el día 21 al medio día solar (Elaboración propia).	74
Figura 22. Diagrama Estereográfico a partir del método de trazo de Steven Szokolay. Permite graficar las temperaturas horarias a partir del recorrido aparente del Sol —sobre la bóveda celeste—, con el objeto de visualizar y comprender su comportamiento durante las horas diurnas en que el Sol se hace presente (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados del sitio en estudio).	76
Figura 23. Diagrama Estereográfico a partir del método de trazo de Steven Szokolay. Permite graficar las humedades relativas horarias a partir del recorrido aparente del Sol —sobre la bóveda celeste—, con el objeto de visualizar y comprender su comportamiento durante las horas diurnas en que el Sol se hace presente (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados del sitio en estudio).	77
Figura 24. Estrategias de Calentamiento Pasivo (Innova, 2012).....	82
Figura 25. Izquierda, representación configuración compacta. Derecha, representación configuración abierta (Elaboración propia).	83
Figura 26. Esquema de Muros Altos.....	83
Figura 27. Orientación de las Fachadas (Innova, 2012).	84
Figura 28. Ventana a Plomo de Muro (Innova, 2012).	86
Figura 29. Ventana Saliente (Innova, 2012).....	86
Figura 30. Ventana Cenital (Innova, 2012).	87
Figura 31. Funcionamiento de la Masa Térmica en piso. Captación y Almacenamiento (Innova, 2012).	87
Figura 32. Funcionamiento de la Masa Térmica. Distribución y Conservación del Calor Almacenado (Innova, 2012).	88
Figura 33. Diagrama Básico de Muro Trombe.	89
Figura 34. Funcionamiento de un espacio solar aislado: captación, acumulación y distribución (Innova, 2012).	90
Figura 35. Funcionamiento de Captador Solar.	90
Figura 36. Funcionamiento de Piso Radiante.	91
Figura 37. Izquierda, representación configuración abierta. Derecha, representación configuración compacta.	93
Figura 38. Esquema de Muros bajos.	94

Figura 39. Orientación de la fachada respecto al eje eólico.....	94
Figura 40. Dirección del viento y presiones de aire (Innova, 2012).....	95
Figura 41. Ventilación afectada por muros interiores (Innova, 2012).	96
Figura 42. Representación de Ventilación Unilateral.	96
Figura 43. Representación de Ventilación Inducida.	97
Figura 44. Representación de Ventilación Inducida.	97
Figura 45. Representación en planta del Efecto Venturi.	98
Figura 46. Esquema de enfriamiento tipo fresquera.	99
Figura 47. Funcionamiento de Cubierta Verde.	99
Figura 48. Funcionamiento de Muro Verde.....	100
Figura 49. Esquema de humidificación por fuentes.	101
Figura 50. Esquema de humidificación por espejos de agua.	101
Figura 51. Funcionamiento de Muro Llorón.	102
Figura 52. Funcionamiento de cubierta de agua.....	102
Figura 53. Funcionamiento de Malla Sombra.	103
Figura 54. Esquema de elemento volado.	104
Figura 55. <i>Izquierda.</i> Esquema frontal de parasoles. <i>Derecha.</i> Vista lateral de parasoles.....	104
Figura 56. <i>Izquierda.</i> Vista en planta de parteluces. <i>Derecha.</i> Esquema frontal de parteluces.	105
Figura 57. Esquema de pérgola.....	105
Figura 58. Esquema de marcos.....	106
Figura 59. <i>Izquierda.</i> Vista frontal de celosías. <i>Derecha.</i> Esquema lateral de celosías..	106
Figura 60. Esquema de persianas.	107
Figura 61. Funcionamiento del Doble muro.	107
Figura 62. Funcionamiento de la doble cubierta.	108
Figura 63. Esquema de funcionamiento de la cámara plena.	108
Figura 64. Esquema de ventana Low-E.....	109
Figura 65. Esquema de patios interiores.	110
Figura 66. Esquema de humidificación por vegetación.....	111
Figura 67. Esquema de funcionamiento del esquema palafito.....	112
Figura 68. Planta arquitectónica de la Casa Sustentable.....	115

Figura 69. Diseño y funcionamiento del espejo de agua.....	116
Figura 70. Efecto chimenea (ventilación forzada).....	116
Figura 71. Aislamiento en techo con bloques de EPS.	117
Figura 72. Captador solar en techo.	117
Figura 73. Planta de distribución de piso radiante.	118
Figura 74. Carpintería: Ventanas especiales con dispositivo de control solar.....	119
Figura 75. Detalle de corte de efecto invernadero en el jardín infantil de la Escuela Teniente Merino	120
Figura 76. Detalle construido del efecto invernadero	120
Figura 77. Campus de la Universidad de Mantoba.	121

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Agrupación de zonas Climáticas Köppen (García E. , 2004).	13
Tabla 2. Modificaciones del Sistema de Clasificaciones, climas húmedos (García E. , 2004).	14
Tabla 3. Modificaciones del Sistema de Clasificaciones, climas secos (García E. , 2004).	15
Tabla 4. Sistema de agrupación bioclimática local (Fuentes y Figueroa, 1990).	32
Tabla 5. Normales climatológicas (periodo 2000-2017) de la Estación Meteorológica Automática BC02-Ensenada, dependiente del Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA), tabla elaborada por la BAT.	34
Tabla 6. Comportamiento térmico anual de acuerdo al rango de confort del modelo de Auliciems y Szokolay (1997) (Tabla elaborada a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).	39
Tabla 7. Comportamiento anual de la HR según los límites inferior (30,0 %) y superior (70,0 %) del confort higrico (Tabla elaborada a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).	42
Tabla 8. Desglose detallado del comportamiento de viento a lo largo del año a partir de su dirección, intensidad y periodo. Promedios mensual y anual del viento dominante y reinante durante el periodo observado, 2000-2017 (Tabla elaborada a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).	50
Tabla 9. Recomendaciones bioclimáticas sugeridas por los indicadores y las tablas de Mahoney (Tabla elaborada a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).	64
Tabla 10. Sensación térmica corregida a partir del flujo del viento a una determinada velocidad: de 0,1 m/s a 7,0 m/s (Tabla elaborada a partir del Nomograma de Temperatura Efectiva Corregida).	70
Tabla 11. Análisis solar del día Juliano analizado mensualmente (Tabla elaborada a partir de datos geográficos procesados por la BAT del sitio en estudio).	73
Tabla 12. Transmisión sistematiza entre el Análisis Climático (Capítulo IV) y el Manual de diseño Pasivo (Capítulo V).	80
Tabla 13. Materiales con Masa Térmica (Innova, 2012).	88
Tabla 14. Materiales aislantes para techos (Blender, 2015).	92

INTRODUCCIÓN

De septiembre de 2016 a agosto de 2017 se desarrolló en la ciudad de Ensenada el proyecto de investigación denominado *Confort térmico en espacios interiores: Un estudio en bioclima templado-seco en Ensenada, Baja California*, cuyo responsable técnico fue el Dr. Julio Rincón, adscrito en la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California. En esta investigación se atendió de manera general, entre otros aspectos, el análisis del clima de la ciudad, así como los requerimientos bioclimáticos que sugieren un confort higrotérmico al interior de los espacios. Dichos requerimientos derivan de las condiciones climáticas que marcan los diferentes periodos térmicos a lo largo de un año típico en la ciudad, por lo que es importante realizar un análisis climático con mayor profundidad que implique, además del análisis anual y mensual, el comportamiento diario y, de ser posible, el horario de cada una de las variables ambientales que impactan de forma decisiva en la habitabilidad de los espacios: temperatura ambiente, humedad relativa y viento, principalmente.

Con lo anterior, es posible contar con una base de datos sólida que permita sugerir estrategias pasivas de diseño que contribuyan, por un lado, a conseguir las condiciones higrotérmicas necesarias de confortabilidad en los espacios y, por otro, al aprovechamiento de los recursos naturales que dan lugar en la ciudad de Ensenada, en aras de promover un diseño pasivo de las edificaciones.

En ese sentido, un porcentaje importante de las estrategias de diseño son dirigidas a resolver los requerimientos de sobrecalentamiento o bajo calentamiento que ofrecen las construcciones basadas en un diseño convencional, tanto por la posible complicación que puede representar su solución, como por la demanda energética requerida por los sistemas activos que intentan conseguir las condiciones de confortabilidad térmica en determinados periodos.

El confort térmico se puede definir como el “*estado ideal del hombre que supone una situación de bienestar, salud y comodidad, en la cual no existe en el ambiente alguna distracción o molestia que perturbe física o mentalmente a los usuarios*”, según Simancas (2003).

De acuerdo con el ANSI/ASHRAE 55 (2010), los parámetros externos (variables del ambiente térmico) que influyen en la percepción térmica de las personas son: la temperatura del aire, la temperatura radiante, la humedad relativa y la velocidad del

viento; por su parte, los parámetros internos (propios del usuario) son: la actividad desarrollada y el grado de arropamiento.

Entre otros, uno de los problemas que enfrentan las viviendas en los diferentes municipios de Baja California, es la deficiencia en la ventilación natural para conseguir los rangos térmicos adecuados que propicien el correcto desempeño de las actividades diarias, el bienestar del usuario y el confort térmico de habitabilidad, razón para la cual actualmente se utilizan medios activos. Para analizar esta problemática es necesario considerar sus efectos: a) Mayor consumo energético y de los recursos naturales, y, b) Calidad del ambiente (temperatura, humedad, ventilación, etc.) y estilo de vida adversos para el usuario. Dichos problemas pueden derivar en consecuencias tales como el síndrome del edificio enfermo (problemas de salud) y/o la acumulación de moho al interior de los espacios, entre otros. En este sentido, es importante contar con un *manual de diseño arquitectónico* básico en el cual se puedan ofrecer ciertas estrategias y técnicas, predominantemente pasivas, que contribuyan a la solución de la problemática (a través del diseño, orientación, volumetría, masividad, etc.).

Por lo anterior, son dos las vertientes que se abordan con este trabajo de investigación: a) La primera hace referencia a un análisis climático-bioclimático anual / mensual / diario / horario de la ciudad de Ensenada de las siguientes variables climáticas: temperatura y humedad relativa; y anual/mensual del viento y la precipitación pluvial, y, b) La segunda consiste en ofrecer un manual básico de diseño arquitectónico que integre las principales estrategias y técnicas pasivas que sugieran un mejoramiento en las condiciones higrotérmicas y de ventilación de los espacios interiores, en función de las virtudes que ofrecen las condiciones climáticas típicas que dan lugar en la ciudad de Ensenada.

En este sentido, el presente documento presenta un análisis detallado de las condiciones climáticas-bioclimáticas de la ciudad de Ensenada, con el fin de proponer estrategias y técnicas de diseño pasivo que sirvan como pauta de diseño entre los arquitectos de la región para generar espacios habitables confortables, promover la eficiencia energética de los edificios y armonizar la relación Arquitectura-Medio Ambiente.

En el primer capítulo se describe el planteamiento de la investigación, en la cual se desarrolla la problemática a atender con este trabajo, los objetivos, la hipótesis, la metodología a emplear y los referentes geográficos que aplican para el caso de estudio.

El segundo capítulo hace referencia a los antecedentes de la investigación, específicamente a los conceptos teóricos que establecen una relación directa con el tema tratado (marco teórico) y los trabajos análogos realizados alrededor del mundo, y a nivel local, respecto a manuales o guías de diseño pasivo arquitectónico (estado del arte).

El tercer capítulo describe la metodología utilizada para lograr los objetivos, en la cual, se hace una descripción general de la investigación documental, la adquisición de datos, el procesamiento y la graficación de éstos, así como la consulta y el discernimiento de fuentes de información para conformar el manual de diseño pasivo.

En el cuarto capítulo se concentra los análisis, climático y bioclimático de Ensenada en función de las condiciones climáticas de un año típico. Dichos análisis se realizaron con datos históricos de un periodo de 18 años (de 2000 al 2017) y con apoyo de la herramienta informática denominada Bioclimatic Analysis Tool (Rincón y Fuentes, 2014). Para el análisis bioclimáticos se utilizaron las siguientes herramientas: Tablas de Mahoney, Triángulos de confort, Diagrama Bioclimático, Diagrama psicrométrico, Nomograma de la temperatura efectiva corregida y la gráfica solar.

El quinto capítulo está conformado por el *Manual de Diseño Pasivo para el Arquitecto*, objeto de la presente investigación. En este apartado se describen las estrategias pasivas de calentamiento, enfriamiento, humidificación y deshumidificación para lograr el confort en interiores a lo largo de los distintos periodos térmicos del año. Para ello, cada estrategia bioclimática está desarrollada a partir de una serie de técnicas que pueden ser empleadas durante el proceso de diseño con el fin de contribuir en la realización de una propuesta amigable con el ambiente que brinde confortabilidad integral a bajo precio.

Por último, se presentan las conclusiones y las recomendaciones derivadas de la presente investigación, la cual, es importante mencionarlo, es la primera en su tipo en la ciudad de Ensenada, Baja California, y cuyo potencial está dirigido a contribuir en el proceso de diseño de los arquitectos y la toma pertinente de decisiones.

Capítulo I.

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

El planteamiento de la investigación se refiere a formalizar la idea central de la investigación, así como a estructurar y afinar el desarrollo de la misma (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006); en éste es donde se contextualiza y formula el primer acercamiento de la pregunta de investigación y la problemática que pretende atender, es donde se presentan los aspectos geográficos, históricos, económicos, sociales y culturales que permiten dar sentido a la investigación (Restrepo, 2003).

1.1. Problemática

La ausencia o limitada existencia de patrones (indicadores) y guías de diseño pasivo en la Arquitectura contemporánea realizada en las últimas décadas en la ciudad de Ensenada, ha permitido visualizar las condiciones adversas de habitabilidad de los espacios interiores, desde el aspecto térmico e hídrico, hasta el acústico y lumínico, generando, por sí misma, condiciones no del todo apropiadas para el desarrollo adecuado de las actividades de sus ocupantes, lo que deriva en la integración de equipos o accesorios de acondicionamiento que demandan un consumo energético permanente (desde calefacción, hasta la operación permanente de luminarias, por ejemplo).

Lo anterior se debe, en parte, a que los estudios que hasta ahora han abordado el análisis de las variables climáticas en Ensenada para su aprovechamiento en la Arquitectura, lo han hecho de forma colateral, pues sus objetivos principales han sido dirigidos a otros fines, por lo que no hay evidencia de algún documento formal que promueva la inclusión y el aprovechamiento del clima en el diseño arquitectónico de proyectos nuevos y adecuaciones a edificios ya existentes.

Si bien, las condiciones climáticas de la ciudad de Ensenada podrían favorecer significativamente la adecuación ambiental de los espacios interiores en la Arquitectura, ésta está sujeta al adecuado empleo de las estrategias y las técnicas de diseño pasivo que permitan aprovechar las bondades que el clima podría ofrecer. Para ello, se requiere de un manual para el arquitecto que mencione las pautas de diseño básicas a partir de las cuales podría concebir una propuesta *ad hoc* al entorno en la que se emplazaría, logrando con ello un aprovechamiento adecuado del clima, un confort higrotérmico en los espacios interiores y, en consecuencia, mayor eficiencia energética en los edificios.

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Elaborar un manual básico de diseño arquitectónico pasivo que responda a los requerimientos bioclimáticos obtenidos con el análisis específico del clima en la ciudad de Ensenada, cuya guía esté expresada en texto y esquemas gráficos de las diferentes estrategias y técnicas bioclimáticas que pudieran contribuir favorablemente en el funcionamiento pasivo del edificio a partir de la integración, inclusive, de un apartado que concentre su aplicación en proyectos ya realizados.

1.2.2. Específicos

1. Realizar un análisis climático-bioclimático detallado de la ciudad de Ensenada (para el área de Arquitectura), con base en datos históricos recabados por el Servicio Meteorológico Nacional. Las variables a analizar son: temperatura, humedad relativa, viento y precipitación pluvial.
2. Conformar un manual básico de diseño pasivo para el arquitecto, con base en una investigación documental, que responda a las características climáticas típicas de la ciudad de Ensenada.

1.3. Hipótesis

1.3.1. General

El manual básico de diseño arquitectónico pasivo representa un instrumento de diseño en el cual los arquitectos y los diseñadores de interiores que desarrollen proyectos en la ciudad de Ensenada encuentran una guía de estrategias y técnicas pasivas que promuevan el equilibrio medioambiental en la construcción/operación del edificio, sugieran un confort integral en los espacios interiores y contribuyan con la eficiencia energética del edificio. Por ende, el manual deriva del análisis preciso del clima y los requerimientos bioclimáticos específicos para la ciudad en mención.

1.3.2. Específicas

1. Los análisis climático y bioclimático presentados en estudios realizados en la ciudad de Ensenada muestran un comportamiento típico anual y mensual de cada una de las variables climáticas que dan lugar en el sitio, por lo que realizar un estudio de dichas variables a un nivel específico (diario y, de ser posible, horario) contribuye en lograr una interpretación precisa del comportamiento típico del clima.
2. El manual básico de diseño arquitectónico pasivo para la ciudad de Ensenada, es el reflejo de un análisis minucioso del clima y de los requerimientos bioclimáticos típicos de dicha ciudad, por lo que puede representar una herramienta básica de diseño que promueva el bioclimatismo y la sustentabilidad en la forma de diseñar los edificios contemporáneos.

1.4. Metodología

La metodología que se utilizó para el desarrollo de esta investigación se puede resumir, en términos generales, en cuatro apartados:

- a) Obtención de datos: Consistió en identificar la Estación Meteorológica Automática (EMA) próxima a la ciudad de estudio con el fin de contactar al Servicio Meteorológico Nacional para solicitar el acceso a los datos históricos de las variables climáticas que registra la EMA.
- b) Procesamiento de datos: Etapa en la cual, una vez conseguidos los datos climáticos en crudo, se utilizó un software de procesamiento de datos climáticos (Climate Consultant, Bioclimatic Analysis Tool, etc.) para convertirlos a información útil que permitió la interpretación del clima en un año típico en la ciudad de Ensenada.

- c) Interpretación de datos: A partir del procesamiento de datos, se realizaron gráficos con apoyo del mismo software para lograr una interpretación específica de las variables climáticas a analizar. Con ello, fue posible determinar los requerimientos bioclimáticos necesarios que sugieren un confort higrotérmico en espacios arquitectónicos, con base en el análisis del clima.
- d) Elaboración de un manual de diseño pasivo: Investigación documental de las estrategias y técnicas de diseño pasivo que respondan a las condiciones climáticas y requerimientos bioclimáticos específicos de la ciudad de Ensenada.

1.5. Referentes geográficos

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California, en su versión extensa (2014); Baja California se ubica entre los meridianos 112° 48' y 117° 08' de longitud oeste y entre los paralelos 28° 00' y 32° 43' de latitud norte, al noroeste de la República Mexicana, en la parte norte de la península de Baja California. Limita al norte con Estados Unidos de Norteamérica, compartiendo 265 km de frontera, de los cuales 233 corresponden al estado de California y 32 al estado de Arizona. El noreste de la entidad limita con el estado de Sonora, siendo éste el único vínculo terrestre de la península con el resto del país. Hacia el sur se encuentra limitado por el estado de Baja California Sur, al oeste por el Océano Pacífico y al este por el Golfo de California.

El municipio de Ensenada tiene una extensión territorial de 52 510,71 km², lo que equivale a un 75 % del territorio del Estado, se localiza en las coordenadas 28° 00' 00" - 32° 12' 10" de latitud norte y 115° 22' 50" - 116° 53' 03" de longitud oeste; limita al norte con los municipios de Playas de Rosarito, Tijuana y Tecate; al noreste con el municipio de Mexicali, al este con el Golfo de California; al oeste con el Océano Pacífico; y al sur con el estado de Baja California Sur y en su división política comprende 23 delegaciones municipales.

Ensenada presenta un clima árido, donde predomina el clima *muy seco* (69 %), y *seco* (24 %), y en la zona de las sierras Juárez y San Pedro Mártir presenta un clima *templado subhúmedo* y *semifrío* (7 %). En términos generales, la temperatura media anual es de 18 °C a 19 °C con temperaturas más altas, mayores de 30 °C en los meses de mayo a septiembre y la más baja, alrededor de 5 °C en enero. Sin embargo, en el clima estatal se presentan contrastes por la conformación variada de relieves y la influencia de grandes

masas de agua del Océano Pacífico y el Golfo de Baja California. Estas características climáticas se relacionan con los siguientes aspectos:

- La latitud del territorio bajacaliforniano se encuentra en su mayoría dentro del dominio subtropical de alta presión, con un desplazamiento de sus límites hacia el norte durante la estación de verano, y hacia el sur durante el invierno. Estos movimientos latitudinales atraen hacia el estado, a través de los vientos alisios, una masa de aire con muy poca humedad durante el verano. En invierno, los vientos se originan en el oeste con masas de aire que aprovechan la humedad del Pacífico.
- La altitud en Baja California va desde bajo del nivel del mar (Mexicali), hasta más de 3 000 msnm en la cordillera peninsular (Sierra San Pedro Mártir), que se traduce en una variación vertical en la distribución de los factores climáticos como la temperatura y la pluviometría.
- Las condiciones del relieve y forma del terreno que predominan en las altas formaciones en el oeste, y el centro-norte del estado de Baja California, actúan como barreras para la circulación de oeste a este de las masas de aire cargadas de humedad del Océano Pacífico, que genera una variación de los factores ecológicos del clima, propiciando la multiplicación de meso y microclimas.

La interacción entre estos factores abióticos define un perfil climatológico dominado por el tipo *muy seco* en la franja este, centro y en el sur del estado; el tipo *seco* abarca la parte noroeste; los *semifríos* se localizan en los estratos altos de las cadenas montañosas del norte. Con la dispersión del tipo *semifrío* y el aumento con frecuencia brusco de su temperatura, se dan las condiciones para la conformación alrededor del tipo *templado*.

1.6. Conclusión

El diseño actual de la vivienda en México no contempla al cien por ciento los estándares de habitabilidad en espacios interiores, generando condiciones no apropiadas para el desarrollo adecuado de las actividades realizadas por sus usuarios. Para ello, es necesario hacer un análisis climático del lugar donde se emplazará el proyecto, en aras de conocer las condiciones naturales del lugar para propiciar un aprovechamiento racional de sus recursos, en este caso Ensenada, Baja California; a manera de conocer sus requerimientos térmicos, hídricos y lumínicos; y proponer un diseño funcional a través de técnicas pasivas de climatización, que eviten la utilización de medios mecánicos y ayuden a disminuir el consumo energético del edificio.

Capítulo II. ANTECEDENTES

De acuerdo con Restrepo (2003), el objetivo principal de los antecedentes de un trabajo de investigación consiste en presentar el conocimiento existente sobre el tema de estudio con el fin, por un lado, de contar con la información necesaria que permita introducir al investigador en el campo del conocimiento (marco teórico) y, por otro, de evitar réplicas de trabajos ya realizados al respecto (estado del arte). En este sentido, Tamayo (2001) menciona que los antecedentes se conforman de aquellas situaciones relacionadas causalmente con el problema de investigación, su finalidad es facilitar la comprensión de las variables a integrar en el estudio.

Con lo anterior, el *marco teórico* se debe estructurar de tal forma que permita establecer, en términos generales, los conocimientos existentes sobre el tema de estudio y los diferentes enfoques y métodos utilizados en la forma de abordarlo; asimismo, el *estado del arte* se debe conformar de los casos análogos que representan relación directa o indirecta con el tema de la investigación. Al respecto, Hernández *et al.* (2006) mencionan que el marco teórico implica analizar y exponer aquellas teorías, enfoques teóricos, investigaciones y antecedentes en general que se consideren válidos para el correcto

encuadre del estudio. Para lograr lo anterior, según Restrepo (2003), se debe realizar una revisión bibliográfica de aquellas investigaciones previas que se consideren relevantes para la pregunta de investigación, por lo tanto, el estado del arte debe incluir aquellos trabajos que, desarrollados desde la misma disciplina, hayan abordado directa o tangencialmente la pregunta de investigación.

2.1. Marco teórico

El confort integral en espacios interiores en bioclima templado-seco es el eje rector de la presente investigación, en específico, el confort térmico resulto desde el diseño pasivo de la Arquitectura Bioclimática; por esta razón, es necesarios contextualizar estos temas en torno al concepto de clima. De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial durante la Conferencia de Varsovia (Andrades, 2012), se entiende al concepto de clima como "*las condiciones meteorológicas medias para el mes y año calculadas sobre un periodo (...)*".

La importancia de este concepto se debe a su estrecha relación con la arquitectura; ya que es clave en el diseño de los espacios habitables, al buscar satisfacer los requerimientos de los usuarios. El análisis climático de un lugar considera diversos parámetros, que ayudan a comprender el comportamiento del medio natural en el que se emplaza un proyecto, y se puede realizar en bases de datos climáticos históricos de estaciones meteorológicas existentes en las zonas de estudio.

La República Mexicana se caracteriza por su particular geografía; ubicada en el hemisferio Norte, entre el paralelo 14° 30' N y el 32° 43' N, es atravesada por el trópico de Cáncer en su parte central, de manera que una parte se localiza dentro de la zona intertropical y otra en la subtropical originando una variedad de climas (Miranda, 2003).

Además de su ubicación geográfica, existen elementos climatológicos que provocan los climas regionales o locales en México, que de acuerdo con Rzedowski (2006, pág. 33), son: temperatura, radiación solar, precipitación pluvial, humedad atmosférica y viento; y se comportan a grandes rasgos de la siguiente manera en la República y en la zona de estudio, Baja California:

- *Temperatura.* Las temperaturas medias anuales más elevadas (28 °C - 30 °C) son
 - a) Las que se registran en la parte baja de la Depresión de Balsas y en algunas zonas costeras adyacentes, y

b) Las más bajas (6 °C) son las calculadas para la cima del Pico de Orizaba. Haciendo abstracción de estas condiciones los valores más frecuentemente registrados en el país varían entre 10 °C y 28 °C.

- La marcha anual de la temperatura muestra que el mes de enero es el más frío prácticamente en todo el país, en cambio, la incidencia de la época más caliente varía de unos lugares a otros. En la mayor parte del centro, sur y sureste, mayo es el mes más caluroso, aunque en algunas regiones puede ser abril o junio. En el norte de México se retrasa la época más cálida a junio, julio y agosto, y aun hasta septiembre, en algunas partes de Baja California influenciadas por la corriente marina fría.
- *Radiación solar.* Más de la mitad del país posee una insolación superior a 60 %. Valores mayores de 80 % se registraron solamente en el extremo noroeste, mientras que la insolación menor de 50 % se presenta a lo largo de la Sierra Madre Oriental y en las montañas de Chiapas, que son las zonas de mayor nubosidad.
- *Precipitación.* La segunda zona árida de la República Mexicana abarca la Planicie Costera de Sonora y la mayor parte de la extensión de Baja California recibe el nombre de "sonorense" y es poco privilegiada en cuanto a la precipitación, sobre todo en la región peninsular, donde en casi toda su extensión, el promedio anual de la lluvia es menor de 200 mm y en ciertas áreas no llega 50 mm.
- *Humedad atmosférica.* La región costera del Golfo de México es la más privilegiada en cuanto a la humedad relativa del aire, pues en grandes áreas prevalecen valores superiores a 80 % en promedio anual. El litoral del Pacífico, registra por lo general cantidades cercanas a 70 %. El Altiplano, la humedad media anual, en general es inferior a 60 % y en las partes más áridas es menor de 50 %. En Baja California son de esperarse valores relativamente altos a lo largo de la costa occidental por la influencia de la corriente marina fría.

Una interpretación de estos parámetros es el Sistema de Clasificación Climática de Köppen, que da como resultado en México; climas A para zona tropical lluvioso, climas B para zona secas, climas C para zona templado lluvioso, clima D para zona frío lluvioso y clima E para zona polar (Tabla 1).

Símbolos	Temperatura Media Mensual		Zonas
	Mes más caliente	Mes más frío	De clima
A	> 18°C	> 18°C	Tropical lluvioso
B			Seco
C	> 18°C	> 0°C	Templado lluvioso
D	> 10°C	< 0°C	Frío lluvioso
E	< 10°C	< 0°C	Polar

Tabla 1. Agrupación de zonas Climáticas Köppen (García E. , 2004).

Grupo de climas A (tropicales lluviosos, con temperatura media del mes más frío mayor a los 18 °C). Se extienden a lo largo de las vertientes mexicanas de ambos mares. En el Pacífico desde el paralelo 24° norte hacia el sur y abarcan desde el nivel del mar hasta una altitud de unos 800 a 1000m. Por el lado del Golfo de México comprenden desde el paralelo 23° norte hacia el sur a lo largo de la llanura costera y de la base de los declives correspondientes de la Sierra Madre Oriental y de las montañas del norte de Chiapas; se encuentran, también, en la mayor parte de la península de Yucatán, así como en algunas zonas interiores.

Grupo de climas C (templados lluviosos, con temperatura media del mes más frío entre -3 °C y 18 °C y la del mes más caliente mayor a 10 °C). De acuerdo con las características mencionadas, existen en México amplias zonas de clima C que se localizan en las zonas montañosas o llanuras de altitud superior a los 1000 m, en lugares en donde la temperatura media de un mes, por lo menos, desciende por debajo de los 18 °C. Los límites entre estos climas y los climas A, B o E depende de la altitud, de la latitud y de la exposición a los vientos húmedos; en los lugares que se encuentran directamente expuestos a la influencia de vientos húmedos, la transición es de climas calientes húmedos A a climas C, en cambio, en las zonas menos expuestas a dichos vientos la transición es de climas secos B a climas C.

Grupo de climas B (Secos). Debido a la situación de la República Mexicana con respecto a la zona subtropical de alta presión, y a la orientación general de sus principales sierras, existen en nuestro país, especialmente en su mitad septentrional, amplias regiones con climas áridos BW o BS. Los climas BW se localizan en la parte norte de la Altiplanicie Mexicana a altitudes menores de 1 500 m, así como en la porción de la llanura costera del Pacífico situada al norte del paralelo 25° nortes y en las zonas litorales de la península de

Baja California, si se exceptúa el extremo noroeste de la misma en donde el clima es BS. Los climas BS se encuentran bordeando a los BW en la parte norte de la Altiplanicie, así como en los declives de la Sierra Madre Occidental que se elevan de las llanuras costera del Pacífico al norte del paralelo 23° norte, y en la porción central y noroeste de la península de Baja California. Se extienden, además en las zonas interiores del centro y sur del país que se encuentra menos expuestas a la influencia de los vientos húmedos del mar, como sucede en algunas porciones de la parte sur de la Altiplanicie, en regiones de la parte más baja de la Cuenca del Balsas y en las cuencas altas de los ríos Verde, Mixteco, Tlapaneco, Papaloapan y Tehuantepec.

Grupo de climas E (fríos, con temperatura media del mes más caliente menor de 10 °C). En México se encuentran en áreas reducidas correspondientes a la parte más alta de las grandes montañas del centro del país, en donde la temperatura media del mes más caliente, debido al considerable aumento de altitud, desciende por debajo de 10 °C.

Cabe mencionar que la clasificación de Köppen se estableció con bases en formaciones vegetales que constituyen zonas latitudinales, que bien no existen en México, o no coinciden con los tipos climáticos que deben definir. Por ello, posteriormente se hicieron modificaciones de García dando como resultado una clasificación de climas húmedos (Tabla 2) y climas secos (Tabla 3).

Climas húmedos	Símbolos	Temperatura media anual
Cálidos	<i>A</i>	Sobre 22 °C
Semicálidos	<i>A(C);</i>	Entre 18 °C y 22 °C;
	<i>(A)C</i>	Sobre 18 °C
Templados	<i>Ca; Cb</i>	Entre 12 °C y 18 °C
Semifríos	<i>C(b'); Cc</i>	Entre 5 °C y 12 °C
Fríos	<i>E (T) C</i>	Entre -- 2 °C y 5 °C
Muy fríos	<i>EF</i>	Bajo ---2 °C

Tabla 2. Modificaciones del Sistema de Clasificaciones, climas húmedos (García E. , 2004).

Climas secos	Símbolos	Temperatura media anual
Cálidos	$B(h')$	Sobre 22 °C
Semicálidos	$Bh'(h); Bh$	Entre 18 °C y 22 °C
Templados	$Bk; Bk'$	Entre 12 °C y 18 °C
Semifríos	$B(k'')$	Entre 5 °C y 12 °C

Tabla 3. Modificaciones del Sistema de Clasificaciones, climas secos (García E. , 2004).

Posteriormente, a través de diversos estudios en zonas ecológicas, se identifican tres tipos de bioclimas; semifrío, templado y cálido, los cuales derivan, en función de la humedad ambiente. Las características de estos son según King (1994) y Morillón (2004), en la guía de uso eficiente de la energía en la vivienda (CONAFOVI, 2006), las siguientes:

Bioclima cálido seco, su temperatura media y mínima se encuentran por debajo de los rangos de confort, excepto en verano, cuando los sobrepasa; la máxima sobrepasa los rangos, excepto en invierno. La oscilación diaria es entre 10 °C y 20 °C. La humedad relativa es baja en primavera y permanece dentro de los rangos de confort en periodo de lluvias, con una precipitación pluvial menor a 600 mm anuales. Los vientos dominantes son calientes en verano y fríos en invierno. En esta zona se encuentran las ciudades de Mexicali, Cd. Obregón, Hermosillo, Culiacán, La Paz, Cd. Juárez, Chihuahua, Gómez Palacios, Monterrey, Torreón, entre otras.

Bioclima cálido semihúmedo, la temperatura máxima sobrepasa los rangos de confort, excepto en invierno; la media permanece en los rangos de confort todo el año y la mínima por debajo. La oscilación diaria está entre los 8 °C y 12 °C durante todo el año. La precipitación anual entre 650 mm y 1 000 mm. La humedad relativa máxima está por encima de los rangos durante todo el año; la media y la mínima se ubican entre los rangos de confort. En este bioclima se ubican Cd. Victoria, Mazatlán, Colima, Mérida, Tuxtla Gutiérrez, entre otras.

Bioclima cálido húmedo, La temperatura media y máxima están por encima de los rangos de confort en verano. La humedad relativa permanece fuera de confort casi todo el año, con una precipitación pluvial de alrededor de 1500 mm anuales. Vientos huracanados, ciclones y nortes. Las ciudades que se ubican en este bioclima son: Campeche, Manzanillo, Tapachula, Acapulco, Cozumel, Cancún, Chetumal, Villahermosa, Tampico, Veracruz, entre otras.

Bioclima templado húmedo, la temperatura máxima está por encima de los rangos de confort en la época de primavera y verano; la mínima por debajo. La oscilación térmica diaria entre 11 °C y 13 °C. La humedad relativa, media y máxima, por encima de los rangos de confort, con una precipitación pluvial por encima de los 1000 mm anuales.

Esta zona está presente en una parte muy pequeña del territorio nacional. Sin embargo en ella se encuentran localizadas ciudades como: Cuernavaca y Tepic, entre otras.

Bioclima templado, la temperatura máxima está por encima de los rangos de confort en primavera; la mínima permanece por debajo durante todo el año. Las oscilaciones de temperatura son entre 10 °C y 18 °C, la precipitación pluvial es de 900 mm anuales. La humedad relativa máxima sobrepasa los rangos de confort, la media y mínima se ubican dentro del confort. Los vientos dominantes son del norponiente. En este bioclima se ubican las ciudades de Guanajuato, Chilpancingo, Guadalajara, entre otras.

Bioclima templado seco, de marzo a octubre, por las tardes, la temperatura máxima sobrepasa los rangos de confort; la mínima está por debajo por las noches y madrugadas de todo el año. La oscilación diaria está entre 13 °C y 17 °C. La precipitación pluvial es de aproximadamente 600 mm anuales y la humedad relativa máxima está por encima de los rangos de confort de julio a octubre, la media y mínima se ubican dentro de ellos. En dicho bioclima se localizan las ciudades de Durango, San Luis Potosí, Querétaro, Saltillo, León, Oaxaca, Tijuana, entre otras.

Bioclima semifrío seco, sus temperaturas media y mínima se encuentran por debajo de los rangos de confort durante todo el año; la máxima apenas sobrepasa los rangos en primavera. La oscilación diaria es alrededor de los 13 °C. Los rangos de humedad relativa media y máxima están dentro del de confort; la mínima es baja durante todo el año. La precipitación pluvial anual es de alrededor de 500 mm, con una máxima de 24 horas de 50 mm aproximadamente. Los vientos son fríos en inviernos y por las noches. Las ciudades en este bioclima son: Zacatecas y Tulancingo.

Bioclima semifrío, las temperaturas media y mínima se encuentran por debajo de los rangos de confort durante todo el año; la máxima sobre pasa ligeramente los rangos. La oscilación diaria es entre 10 °C y 15 °C. Los rangos de humedad relativa media y máxima están dentro del confort; la mínima es baja durante todo el año. La precipitación pluvial es

de aproximadamente 900 mm. Los vientos son fríos en invierno y por la noche. Las ciudades en este bioclima son: Tlaxcala, Puebla, Morelia, México y Toluca.

Bioclima semifrío húmedo, las temperaturas media y mínima se encuentran por debajo de los rangos de confort durante todo el año; la máxima dentro de los rangos. La oscilación diaria es de 10 °C a 12°C. Los rangos de humedad relativa mínima están dentro del confort; la media y máxima se ubican por encima del rango durante todo el año. La precipitación pluvial es de aproximadamente 1200 mm por año. Los vientos son fríos en invierno y las noches. Xalapa es la ciudad en este bioclima.

Para lograr entender la relación bioclima-arquitectura es necesario comprender el concepto de habitabilidad como *"la capacidad de los espacios construidos para satisfacer las necesidades objetivas y subjetivas de los individuos y grupos"* (Castro, 1999). A grandes rasgos la habitabilidad trata de confort; se sabe que el cuerpo humano es un organismo que cuya temperatura interna no varía con los cambios climáticos, es necesario tener una envolvente que lo proteja de la intemperie (variables climáticas).

El confort se define según la American Society Of Heating Refrigeration and Air conditioning Engineers, como *"aquellas condiciones en la mente, que expresan satisfacción del ambiente térmico"* (Fernández García, 1994).

Para Givoni (1994) es *"la ausencia de irritación o malestar térmico, cuya delimitación tienen un fundamento fisiológico y están determinadas por un conjunto de condiciones para las que los mecanismos termorreguladores se encuentran en un estado de mínima actividad"*. A partir de estas condiciones, elabora su diagrama bioclimático para edificios.

En las definiciones que se encuentran del concepto confort, está presente el equilibrio de energía entre el cuerpo humano y su entorno; y se divide en tres categorías los parámetros que influyen en el confort: físicos, humanos y externos. Los físicos comprenden diferentes tipos de confort, como el higratérmico, el lumínico, el acústico, el electromagnético y el olfativo. Los humanos son las características particulares de cada persona: edad, sexo, estatura, peso, entre otras. Los externos incluyen el tipo de actividad física o metabólica, el tipo de vestimenta y hábitos socioculturales (Fernández García, 1994).

La guía de diseño eficiente energética para la vivienda social del gobierno de Chile (2009), define individualmente los parámetros físicos, de la siguiente manera:

- El confort higrotérmico se define como aquel estado en que las personas expresan satisfacción con el ambiente que lo rodea, sin preferir condiciones de mayor o menor temperatura (no se sufre de frío cuando aparece *piel de gallina* o de calor tal que aparezca sudor). Esta sensación de confort depende de parámetros ambientales, tales como: temperatura del aire del lugar, temperatura superficial interior de la envolvente, humedad relativa y velocidad del aire.
- El confort lumínico se alcanza cuando es posible ver los objetos dentro de un espacio sin provocar cansancio o molestia y en un ambiente de colores agradables para las personas.
- El confort acústico se alcanza cuando en cierto espacio el nivel de ruido existente no afecta el desarrollo normal de las actividades de la persona, no provoca alteraciones al descanso, la comunicación y a la salud.
- La calidad del aire, se alcanza cuando éste se renueva en forma permanente de modo de evitar olores desagradables y riesgos de contaminación por la presencia de partículas, gérmenes, entre otros.

En México más de 66 % de la superficie del país presenta condiciones de clima cálido; seco en el norte y húmedo en las costas. Aproximadamente el 23 % del total del consumo de energía corresponde al sector relacionado con los edificios (Morillón G. D., 2004).

Esta problemática de consumo energético, se puede abordar a través del diseño bioclimático, el cual se encarga de proyectar o construir tomando en consideración los elementos climáticos con la construcción con la finalidad de que éstos regulen los intercambios de materia y energía con el ambiente y determine la sensación de confort.

Para lograr el diseño bioclimático de la vivienda existen programas como ASI, de Comisión Federal de Electricidad; Técnicas como aislamiento en techos y ventanas, renovación de equipos de aire acondicionado e iluminación incandescente y Normas de Eficiencia Energética sobre lineamientos para el diseño térmico de la envolvente arquitectónica (Gálvez, Diseño bioclimático de la vivienda, 2004).

Las ecotécnicas están dirigidas a la conservación del equilibrio ecológico en la vivienda y como ahorro de los hidrocarburos. Estas son las que tienen un mayor aprovechamiento de la energía proveniente del medio natural, mediante la explotación de los recursos naturales. De las más relevantes, según el Manual para el diseño bioclimático y ecotécnicas en conjuntos habitacionales (1989), son:

- Energía solar, proveniente del aprovechamiento de la radiación infrarroja solar.
- Energía eólica, la cual es generada por la fuerza del viento aplicada para producir electricidad y restaurar a través de dispositivos enotécnicos las condiciones de confort dentro de un edificio. Además de esta técnica el viento, por sí solo, funciona como sistema pasivo en el diseño bioclimático, esto debido a que es uno de los factores de enfriamiento y calentamiento en las zonas de confort.
- Para enfriamiento como se indica en diferentes normativas debe existir una relación entre la orientación de las ventanas y puertas con las fuentes de viento. Como recomendación para climas cálidos húmedos se debe provocar un cruce de viento a través de las habitaciones para dar la sensación de agrado. Por otro lado para climas cálidos secos y semisecos es recomendable controlar el viento a través de vegetación para que este no supere su velocidad de tres metros sobre segundo, a fin de que permita la evaporación o humidificación del aire (Documentos de Investigación Técnica Infonavit, 1989).
- Energía geotérmica, es el calor almacenado en las profundidades del suelo. Los yacimientos contienen vapor sobrecalentado y pueden generar electricidad por turbinas (Documentos de Investigación Técnica Infonavit, 1989).
- Tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales, las aguas de desecho se dividen en dos grupos principales: aguas grises y aguas negras. Estas demandan tratamientos diferentes, las primeras provienen del fregadero, lava ropa y aseo personal (duchas), por lo general contienen productos químicos difíciles de degradar. En cambio las segundas, provienen del inodoro y son apropiadas para obtener a partir de ellas tipo de abonos y subproductos, entre ellos, aguas recicladas (Revista Autosuficiencia economica, 2010).

Antecedentes de la sustentabilidad en México y el Mundo.

El clima del planeta ha sufrido modificaciones durante este último siglo debido a la situación económico-social actual que ha tenido como consecuencia el calentamiento global, existiendo pruebas de que la mayor parte del calentamiento observado se debe a las acciones del consumismo del hombre y las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de las actividades de este.

Durante algunas décadas del siglo XX la energía requerida para un desarrollo acelerado, que incrementaba su consumo en forma exponencial, estuvo disponible en cantidades

aparentemente ilimitadas y a precios razonables, por lo que no se apreciaban motivos para reducir su consumo (Martínez, Fernández Bremauntz, & Osnaya, 2004)

En los años setenta, grandes sectores de opinión pública mundial comenzaron a tomar conciencia sobre la naturaleza finita de los recursos energéticos más empleados y la necesidad de preservarlos.

Desde entonces contribuyen a fortalecer esta tendencia no solo referida a la escasez anunciada de los hidrocarburos, sino también la importancia que asumen los problemas ambientales derivados de la contaminación, especialmente el fenómeno llamado Calentamiento Global, este término se refiere a *"un alza en la temperatura promedio de la tierra como resultado de que la radiación emitida por el planeta está siendo retenida por varios gases en la atmósfera los cuales su concentración ha sido aumentada por la industrialización humana, comercial y actividades agrícolas"* (David & Gordon, 2007).

Según Dolores Huerta (2016), secretaria técnica de Green Building Council España (GBCe), *"con las tendencias actuales, el sector de la edificación producirá en 2050 todas las emisiones de CO₂ globales que permite para ese año el escenario de aumento de 2 °C de temperatura"*. Es por eso que en un futuro cercano se necesitará coordinar y verificar que los edificios que se construyan deben satisfacer la demanda en el ámbito de habitabilidad, ya que actualmente existen muchas limitaciones ambientales, como la falta de agua, que se ha convertido en un reto principal donde las edificaciones son los protagonistas debido a la falta de reglamentación que los obligue a afrontar las consecuencias del cambio climático a nivel local.

La década de los ochenta fue declarada como la década perdida por las Naciones Unidas, ya que muchas economías no desarrolladas y excesivamente endeudadas, perdieron en términos de crecimiento, empleos, ingresos y capital natural (Encinas, 2002). En 1987 nace el concepto de desarrollo sustentable, que es impulsado por políticas liberalizadoras como resultado de la crisis de deuda; este término emitido la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente el Desarrollo, también llamada Comisión de Brundtland, se define como aquel que *"satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"* (Jardon, 1995). A finales de esta década, la sustentabilidad del desarrollo pasó de reclamo inexistente en exigencia emergente.

Con el fin de que coordinen problemáticas ambientales y de la utilización sustentable del capital natural, en México se ha buscado incorporar un régimen jurídico normativo. Para esto la Carta Magna establece diversos artículos de carácter ambiental que son base del sistema jurídico actual (Informe Anual, 2003).

El artículo 27 de la Constitución habla sobre el desarrollo sustentable donde se comprende el concepto de conservación de los recursos naturales señalando que: *"La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con el objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana "(...) además de la conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico(...)"* (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 1917).

Ante la creciente demanda de la sociedad civil por la crisis ambiental, en los años ochenta México crea la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE); y posteriormente se publica la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

En 1992, la reunión de las Comisiones de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), en la conocida Cumbre de Río de Janeiro, integra el derecho sobre el desarrollo que tiene las futuras generaciones, en el principio Núm. 3 estableciendo: *"El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras"*; y en el principio Núm. 4 se postula el derecho al desarrollo sostenible como un fin a alcanzar diciendo: *"A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada"*.

Al mismo tiempo, se dieron un conjunto de lineamientos estratégicos a la instrumentación del desarrollo sustentable agrupados en un documento denominado Agenda 21, ratificado por México.

2.2. Estado del Arte

Morillón (2004), en su *Atlas del bioclima de México*; establece como objetivo de su investigación la difusión de conocimiento sobre el bioclima de la República Mexicana, “(...) que puede considerarse tanto como herramienta de apoyo para el diseño arquitectónico y urbano, cuanto como base para la selección de ecotécnicas que permitan el aprovechamiento de las energías renovables”.

Como resultados se presentan los mapas de bioclima de la República Mexicana, gracias al análisis de información climática del país y las condiciones de confort higrotérmico para el ser humano en las diversas regiones del territorio nacional. Para este resultado se adaptó la carta bioclimática de Olgyay y el diagrama de control bioclimático en edificaciones de Givoni, ambas herramientas adaptadas para diversas ciudades del país; y fueron validados por los parámetros manejados por la American Society of Heating Refrigerating and AirConditioning Engineer (ASHRAE).

CONAFOVI (2006), publicó la primera edición de la *Guía de uso eficiente de la energía en la vivienda*, con el objetivo de promover criterios y lineamientos para que la producción y operación de la vivienda utilice de manera más eficiente la energía eléctrica.

La problemática que impulso a este estudio fue que “(...) la cantidad y origen de la energía que es consumida en las viviendas del país, contribuye significativamente al calentamiento global”.

Para los resultados de esta investigación se integraron estudios del bioclima con análisis del comportamiento solar y de los vientos en cada región, con el fin de cubrir satisfactoriamente las estrategias y requerimientos de climatización; y son presentados de acuerdo a los diferentes bioclimas de la República Mexicana, las recomendaciones de diseño arquitectónico para la vivienda queda a grandes rasgos de la siguiente manera:

Bioclima cálido seco; se recomienda, la ubicación de la vivienda en relación al lote debe ser muro a muro, con una configuración compacta con patio, una orientación de la fachada más larga de una crujía al sureste y de doble crujía norte-sur con dispositivos de control solar en ambas fachadas; sala, comedor y recámaras al sureste, cocina al norte o noroeste y circulaciones al noroeste; techos plano con poca pendiente y una altura de piso a techo óptima de 2,7 m.

Bioclima cálido semihúmedo; se recomienda, la vivienda este separada de las colindancias, con una configuración abierta, alargada u óptima de una crujía, una orientación de la fachada más larga frontal a los vientos dominantes para una o dos crujías; sala, comedor, recamaras al sureste, circulación y cocina al norte; techos plano con pronunciada pendiente, doble cubierta con ventilación entre ambos, dos aguas con aislamiento o plana con pretil alto de celosía, altura de piso a techo optima de 2,7 m.

Bioclima cálido húmedo; se recomienda, la vivienda quede aislada en relación con su ubicación al lote, una orientación de la fachada más larga al sureste; sala, comedor, recamaras al sureste; cocina, aseo y circulaciones al noroeste, techo inclinado a diferentes niveles y una altura de piso a techo mínima de 2,7 m.

Bioclima templado húmedo; se recomienda, la vivienda quede separada de las colindancias, con una configuración abierta para lograr una máxima exposición a los vientos, la fachada más larga orientada a los vientos dominantes; sala, comedor y recámaras al sureste; guardarropa, cocina, áreas de aseo y circulación al noroeste, techo con inclinación y fuerte pendiente; y una altura máxima posible de piso a techo de 2,7 m.

Bioclima templado; se recomienda, la vivienda quede separada de las colindancias, con una configuración optima compacta en forma de cubo con patios, orientada a una crujía sureste, doble crujía noreste-suroeste con dispositivos de protección solar para las tardes y en primavera; sala, recámara y comedor al sureste, cocina al norte y circulaciones y áreas de aseo al noroeste-oeste, techo de tipo plano y una altura recomendada de piso a techo de 2,4 m.

Bioclima templado seco; se recomienda, la vivienda quede separada de las colindancias, con una configuración compacta con patio, con la fachada más larga orientada al sur-sureste; comedor, sala, recamaras al sureste; cocina, áreas de aseo y circulaciones al noroeste, techo plano relleno, con poca pendiente y una altura recomendada de piso a techo de 2,4 m.

Bioclima semifrío seco; se recomienda, la ubicación de la vivienda en relación al lote muro a muro, con una configuración compacta, forma óptima de cubo para mínimas pérdidas de calor, una orientación de la fachada más larda a una crujía sur-sureste, y de doble crujía debe ser evitada, en caso de que se presente debe tener orientación noreste-suroeste; sala, comedor y recamaras al sur-sureste, cocina y área de aseo al norte-noroeste,

circulaciones al norte (como colchón térmico), techo plano con ligera pendiente y una altura recomendada de piso a techo de entre 2,3 m a 2,4 m.

Bioclima semifrío húmedo; se recomienda, la vivienda en relación al lote muro a muro, con una configuración compacta, en cubo con forma óptima para minimizar las pérdidas de calor, una orientación de la fachada más larga a una crujía sur-sureste y doble crujía este y oeste si no es posible evitar; sala, comedor y recámaras al sur-sureste, cocina y guardarropa al norte, áreas de aseo y circulaciones al noroeste, oeste y suroeste, techo inclinado y una altura mínima recomendada de piso a techo de 2,3 m.

Ruiz Lazaritt (2017), en su Investigación, *Estrategias para el diseño de comunidades habitacionales sustentable en Zapotlán el Grande, Jalisco*, propone una serie de directrices para generar información útil desde tres disciplinas del conocimiento humano: la sustentabilidad, la sociología y la arquitectura, para guiar y facilitar la toma de decisiones en el diseño de la vivienda sostenible para Zapotlán el Grande, Jalisco.

La problemática de este estudio se basa en que el modelo dominante de vivienda en México, obedece principalmente a intereses económicos dejando de lado el aspecto social y ambiental.

Luna León (2008), en su investigación *Diseño y Evaluación de Vivienda Energéticamente Sustentable*, establece como objetivo diseñar una vivienda energéticamente sustentable para la ciudad de Mexicali dando respuesta a los requerimientos y necesidades de los usuarios, con la integración de técnicas de adecuación ambiental en el edificio.

Para llevarse a cabo, se realizaron estudios de: a) clima de Mexicali, B.C. y su efecto en el comportamiento térmico del edificio y b) disponibilidad del recurso solar y factibilidad técnica de implementación de sistemas solares térmicos aplicados a la vivienda.

Como resultado, se concluyó que "*De acuerdo con las condiciones climáticas del lugar, la vivienda en Mexicali, B.C.; debe ser diseñada considerando técnicas de manejo de asoleamiento, sombreado, iluminación y ventilación natural*", logrando así espacios confortables la mayor parte del año y reduciendo el uso de sistemas activos.

La vivienda propuesta en el estudio demostró, que la técnica de mayor impacto en la carga térmica es el aislamiento térmico de la fachada oeste, debido a ser el área mayor

de exposición solar durante las horas con mayor incremento de temperatura; seguido por el techo aislado con ático ventilado.

Mejía Domínguez (2013), en su *Atlas de Bioclima del Estado de Baja California Sur*, tiene como objetivo la creación de mapas que permitirán identificar a los diseñadores, urbanistas, arquitectos e ingenieros; las estrategias bioclimáticas necesarias para generar confort higrotérmico.

Para llevar a cabo, se analizó los datos reportados en las normales climatológicas de diferentes localidades del Estado, que sirvieron de base para poder, a través de diferentes herramientas y métodos interrelacionarlos para obtener información útil en el diseño bioclimático.

Como resultado se presentan los mapas de bioclima del Estado de Baja California Sur, en los cuales se identifican las condiciones de confort, frío y calor por mes.

Por otro lado, Cruz Cervantes (2018), en su estudio *Modelo bioético para el análisis de la habitabilidad en la vivienda*, analiza la habitabilidad de la vivienda como el espacio donde las personas desarrollan y llevan a cabo la mayor parte de sus actividades. Su investigación se sustenta en un enfoque bioética puesto que prioriza la vida humana durante el proceso de construcción de espacios habitables.

Para identificar la problemática se partió de datos proveniente de diversos estudios, como el de Ziccardi (2015), el cual determina que la habitabilidad en México se encuentra en niveles catalogados como media-baja. De igual manera, trata el tema de las viviendas deshabitadas, que son una muestra de la carencia de habitabilidad en sus dimensiones. Al respecto, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en su volumen titulado *Vivienda deshabitada en México*, obtiene cuantificaciones y porcentajes de las viviendas identificadas como deshabitadas. En Baja California, de un total de 1 131 024, 19 %, es decir 214 705 viviendas se encuentran deshabitadas.

El resultado fue identificar los factores más representativos que influyen en el abandono o desocupación de la vivienda en zonas habitacionales, a través del analizar la habitabilidad de la vivienda en escala barrio y ciudad, contemplando dimensiones sociales, humanas, ambientales y técnicas.

2.3. Conclusión

La República Mexicana, por su particular ubicación geográfica, es atravesada por el trópico de Cáncer, de manera que una parte se localiza dentro de la zona intertropical y otra en la subtropical, originando una variedad de climas.

Estos climas generan condiciones que pueden causar insatisfacción al ser humano, por lo cual es necesario protegerlo de la intemperie, siendo, en este caso, la Arquitectura el medio para generar espacios confortables con los parámetros climáticos que el medio aporta (temperatura, radiación solar, precipitación pluvial, humedad atmosférica y viento).

Capítulo III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo con Restrepo (2003), el objetivo principal de la metodología de un trabajo consiste en presentar *el porqué del cómo de la investigación*. La metodología explica cómo, cuando, por cuanto tiempo, bajo qué condiciones y con qué implicaciones se van a instrumentalizar esas técnicas y metodologías. Es clara y específica, elaborada detalladamente, paso a paso, como se espera producir los *datos* requeridos para responder a la pregunta investigativa.

3.1. Investigación documental

Se identificó información con bases de datos de prestigio de artículos científicos y revistas científicas; como consiguiente, se tomó tres criterios para la elección de las fuentes documentales: a) período bibliográfico de los documentos; b) accesibilidad material a las fuentes documentales; c) documentos de fuentes hispana y latina.

Posteriormente se analizó el contenido temático del conjunto de documentos científicos con el fin de discernir las ideas claves.

3.2. Obtención de datos

Se identificó la Estación Meteorológica Automática (EMA) BC02-Ensenada del Servicio Meteorológico Nacional. Posteriormente, se elaboró la solicitud de datos meteorológicos de la siguiente manera:

- Se estableció contacto vía telefónica al número 56246500, extensión 7244 y 7245; y al correo electrónico meteorologia@semar.gob.mx
- Se solicitó los datos: temperatura ambiente, humedad relativa, presión barométrica, precipitación, así como dirección e intensidad del viento sostenido y de la racha de viento, de la EMA BC02-Ensenada, a partir del año dos mil a la fecha.

3.3. Procesamiento

Se utilizó la aplicación informática Bioclimatic Analysis Tool (BAT)¹—desarrollada por Rincón y Fuentes (2014)—, y se siguieron los siguientes pasos:

- Para su apertura se instaló el programa Microsoft Excel versión 2010. Posteriormente al momento de abrir la aplicación se seleccionó la opción habilitar marcos.
- Una vez abierta la aplicación se aceptaron términos y condiciones; y se hizo un reconocimiento de la interfaz, se identifican las hojas posibles de editar: Normales climatológicas y vientos (frecuencia y velocidad).
- El siguiente paso fue la edición, se comenzó por los datos de ubicación, posteriormente con las Normales climatológicas: temperatura, radiación solar, presión, humedad y precipitación; y con los datos de viento de la Estación EMA BC-02 Ensenada.

3.4. Presentar o graficar

- Las gráficas se generaron automáticamente con la edición de datos del paso anterior. Para guardar, se ajustó el tamaño de la gráfica, tabla o imagen al tamaño completo de la pantalla, posteriormente con la herramienta recortes se hizo una selección y se dio a la opción guardar.

3.5. Interpretación

¹ Para mayor referencia de la BAT, remitirse a <https://www.academia.edu/8742067>

La interpretación del análisis climático y bioclimáticos desarrollados para la ciudad de Ensenada, se realizó a partir de los gráficos obtenidos con la BAT en cada una de las variables climáticas analizadas.

Para lo anterior, se interpretaron de forma individual cada una de las variables de las cuales se obtuvieron los datos históricos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), mismos que se presentan durante el desarrollo del Capítulo IV. ANÁLISIS CLIMÁTICO-BIOCLIMÁTICO DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA (*pág.31*).

3.6. Conclusión

Para llevar a cabo el análisis climático de la ciudad de Ensenada se obtuvieron datos históricos de la Estación Meteorológica Automática Ensenada-02, que posteriormente fueron ingresados a un programa informático (BAT) para su procesamiento y graficación, de tal manera que se eficiente los recursos humanos, técnicos y financieros que permitieran una correcta interpretación del clima.

Capítulo IV.

ANÁLISIS CLIMÁTICO-BIOCLIMÁTICO DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

4.1. Análisis climático

Los datos para el presente análisis climático se obtuvieron, principalmente, de la Estación Meteorológica Automática (EMA) BC02-Ensenada², durante un periodo de registro de 18 años comprendido de 2000 a 2017 (Tabla 5). La estación meteorológica se ubica al norte de la ciudad de Ensenada, Baja California (Figura 1) —coordenadas geográficas: latitud 31°53'29" N, longitud 116°36'12" W, altitud 32 msnm—y es dependiente del Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA).

De acuerdo con el sistema de clasificación climática de Köppen (García E. , 2004), el clima de la ciudad de Ensenada es **BS0 ks (e)** (seco extremoso, no es tipo Ganges y con presencia de canícula).

De acuerdo con Fuentes (2004), es conveniente determinar, paralelamente con la clasificación climática de Köppen (García E. , 2004), la agrupación bioclimática del sitio en estudio, el cual pretende clasificar las localidades de acuerdo a sus requerimientos arquitectónicos y bioclimáticos con el fin de complementarse mutuamente con la primera clasificación climática mencionada desde una perspectiva de diseño arquitectónico (Fuentes & Figueroa, 1990).

² En virtud de que la EMA BC02-Ensenada no cuenta con el registro de todas las variables climáticas aquí analizadas, fue necesario recuperar algunos datos climáticos normalizados del Observatorio Sinóptico de Ensenada, ubicado 6 km al SE de UABC - Unidad Sauzal.



Figura 1. Ubicación de la EMA BC02-Ensenada y el Observatorio Sinóptico de Ensenada (Elaboración propia a partir de información del SMN-CONAGUA e imágenes de Google Earth).

Para lo anterior, resulta necesario relacionar la temperatura media del mes cálido con la precipitación pluvial total anual. La primera determinará las condiciones de confort, alto calentamiento o bajo calentamiento para el periodo cálido del año, mientras que la segunda determinará los requerimientos de humidificación o deshumidificación.

La Tabla 4 muestra esquemáticamente la relación y los límites entre ambas variables climáticas encargadas de definir cada uno de los bioclimas locales.

Con base en lo anteriormente descrito, la agrupación bioclimática local de la ciudad de Ensenada corresponde al bioclima *templado seco* ya que la temperatura media del mes cálido (agosto) es 21,5 °C y la precipitación pluvial anual se muestra en 217,3 mm, lo que representa un régimen de lluvias bajo.

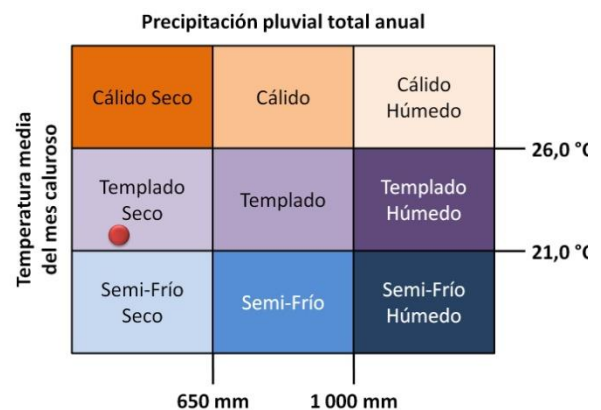


Tabla 4. Sistema de agrupación bioclimática local (Fuentes y Figueroa, 1990).



CIUDAD

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

CLIMA: BSo ks(e) (Seco, extremo, no es tipo ganges, presencia de caticula)
 BIOCLIMA: Templado Seco

LATITUD: 31° 53' 29" N 31.89
 LONGIT: 116° 36' 11" E 116.60
 ALTITUD: 32 msnm 32

PERIODO
 2000-2017

FUENTE	VARIABLES CLIMATOLÓGICAS	UNIDAD	AÑOS	MESES												ANUAL
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
a	MAXIMA EXTREMA	°C	18	31.6	31.9	33.7	35.6	37.3	32.9	32.3	32.7	36.3	36.3	36.5	29.8	37.3
a	FECHA	dd/aaaa	n/d	26/2003	21/2002	16/2014	27/2008	03/2004	20/2016	26/2015	30/2009	10/2015	10/2015	09/2015	08/2001	3-may.-2004
a	PROMEDIO MÁXIMA	°C	18	19.7	19.2	19.7	20.0	20.4	21.4	23.7	24.6	24.9	23.3	21.3	19.0	21.4
a	MEDIA	°C	18	14.3	14.2	15.0	15.7	17.1	18.5	20.9	21.5	21.1	18.9	16.4	13.9	17.3
a	PROMEDIO MÍNIMA	°C	18	8.9	9.2	10.3	11.4	13.7	15.6	18.0	18.4	17.3	14.5	11.4	8.8	13.2
a	MÍNIMA EXTREMA	°C	18	0.9	0.5	4.8	5.0	2.8	9.7	13.0	12.2	11.5	1.9	4.3	3.1	0.5
a	FECHA	dd/aaaa	n/d	14/2007	21/2004	01/2007	06/2003	06/2004	02/2011	01/2004	09/2010	21/2004	15/2005	27/2010	28/2003	21-feb.-2004
b	OSCILACIÓN	°C	18	10.7	9.9	9.4	8.6	6.7	5.8	5.7	6.2	7.5	8.8	9.9	10.1	8.3
	INSOLACIÓN TOTAL	h														
a	TOTAL (Global)	W/m ²	18	644.8	761.7	901.7	991.8	991.8	987.8	982.4	944.8	894.5	784.1	672.0	609.9	847.3
e	DIRECTA	W/m ²	18	533.3	608.4	673.7	779.8	805.8	789.6	776.8	702.9	711.4	686.0	616.8	566.3	687.6
e	DIFUSA	W/m ²	18	111.5	153.3	228.0	212.0	186.0	198.3	205.6	241.8	183.1	98.0	55.2	43.6	159.7
a	MEDIA	hPa	18	1012.7	1011.8	1011.1	1009.9	1008.4	993.3	1007.4	1006.8	1006.1	1008.2	1010.8	1012.3	1,008.2
c	TENSION MEDIA DE VAPOR	mb	20	10.7	10.6	11.0	11.5	13.0	14.4	16.2	18.2	17.6	15.1	12.7	11.5	13.5
a	RELATIVA MÁXIMA	%	18	83.9	89.5	90.2	90.5	90.9	91.2	92.6	94.2	92.8	89.5	86.0	86.8	89.8
a	RELATIVA MEDIA	%	18	65.4	70.7	74.9	75.1	78.1	80.1	85.2	86.1	83.4	76.0	67.0	67.8	75.8
a	RELATIVA MÍNIMA	%	18	40.2	46.2	50.6	52.4	63.0	67.7	70.1	69.3	65.3	56.1	44.8	41.8	55.6
d	EVAPORACIÓN TOTAL	mm	30	83.3	82.9	106.3	131.3	149.7	156.6	178.7	170.5	147.2	126.2	96.4	81.2	1,510.3
c	TEMP. DE BULBO HÚMEDO	°C	20	11.2	11.5	11.9	13.2	14.3	15.6	17.8	18.7	18.3	16.1	13.8	11.6	14.5
a	TOTAL	mm	18	38.7	49.1	28.1	14.7	7.1	5.1	0.6	1.5	2.3	9.6	13.3	47.1	217.3
a	MAXIMA	mm	18	130.0	112.8	72.7	49.2	38.5	80.5	4.1	14.7	14.9	64.7	43.6	116.3	130.0
a	FECHA	aaaa	n/d	2017	2017	2006	2010	2015	2000	2003	2014	2016	2004	2008	2016	ENE-2017
a	MAXIMA EN 24 h	mm	18	54.8	52.4	44.4	19.0	34.0	34.2	3.6	14.7	8.1	44.2	35.8	46.9	54.8
a	FECHA	dd/aaaa	n/d	21/2010	27/2017	01/2015	22/2010	15/2015	15/2000	28/2003	02/2004	20/2016	27/2004	30/2007	17/2008	21-ene.-2010
a	MAXIMA EN 1 h	mm	18	13.7	9.1	8.9	9.9	15.0	9.7	3.6	12.4	4.8	13.2	20.1	11.7	20.1
a	FECHA	dd/aaaa	n/d	19/2010	03/2008	11/2006	10/2016	22/2006	15/2000	28/2003	02/2014	11/2015	21/2015	30/2007	29/2004	30-nov.-2007
a	MÍNIMA	mm	18	0.3	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a	FECHA	aaaa	n/d	2006	2002	2009	2013	2001	2001	2002	2001	2001	2001	2001	2005	2013

Continúa...

a	PRECIPITACIÓN												217.3			
a	TOTAL	mm	18	38.7	49.1	28.1	14.7	7.1	5.1	0.6	1.5	2.3	9.6	13.3	47.1	217.3
a	MAXIMA	mm	18	130.0	112.8	72.7	49.2	38.5	80.5	4.1	14.7	14.9	64.7	43.6	116.3	130.0
a	FECHA	aaaa	n/d	2017	2017	2006	2010	2015	2000	2003	2014	2016	2004	2008	2016	ENE-2017
a	MAXIMA EN 24 h	mm	18	54.8	52.4	44.4	19.0	34.0	34.2	3.6	14.7	8.1	44.2	35.8	46.9	54.8
a	FECHA	dd/aaaa	n/d	21/2010	27/2017	01/2015	22/2010	15/2015	15/2000	28/2003	02/2004	20/2016	27/2004	30/2007	17/2008	21-ene-2010
a	MAXIMA EN 1 h	mm	18	13.7	9.1	8.9	9.9	15.0	9.7	3.6	12.4	4.8	13.2	20.1	11.7	20.1
a	FECHA	dd/aaaa	n/d	19/2010	09/2008	11/2006	10/2016	22/2006	15/2000	28/2003	02/2014	11/2015	21/2015	30/2007	29/2004	30-nov-2007
a	MINIMA	mm	18	0.3	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a	FECHA	aaaa	n/d	2006	2002	2009	2013	2001	2001	2002	2001	2001	2001	2005	2013	2013
c	LLUVIA APRECIABLE	Días	25	3.3	3.9	3.8	2.7	1.0	0.3	0.2	0.3	0.4	0.9	2.5	3.3	22.7
c	LLUVIA INAPRECIABLE	Días	25	0.6	0.3	0.6	0.7	0.5	0.4	0.1	0.2	0.3	0.6	0.3	0.7	5.4
c	DÍAS DESPEJADOS	Días	25	17.6	15.4	15.8	14.9	13.4	14.0	14.0	15.8	18.5	18.9	18.0	18.5	194.7
c	DÍAS MEDIO NUBLADOS	Días	25	7.5	7.5	9.1	9.4	10.3	10.0	11.8	11.6	7.5	8.1	7.8	7.4	107.8
c	DÍAS NUBLADO / CERRADO	Días	25	6.0	5.2	6.1	5.7	7.3	6.0	5.1	3.6	4.0	4.0	4.0	5.2	62.1
c	DÍAS CON ROCÍO	Días	5	0.0	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
c	GRANIZO	Días	25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
c	HELADAS	Días	26	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
c	TORRENTA ELÉCTRICA	Días	26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
c	NEBLA	Días	26	2.7	1.3	1.6	0.9	5.3	5.2	4.8	3.2	5.3	2.8	2.6	2.7	38.3
c	NEVADA	Días	25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
c	VISIBILIDAD DOMINANTE	km	26	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

Unidades:

°C	Grados Centígrados	mm	Milímetros
h	Hora	Días	Días
W/m ²	Watt / Metro cuadrado	aaaa	Año (4 dígitos)
hPa	Hectopascal	dd/aaaa	Día (2 dígitos) / Año (4 dígitos)
%	Porcentaje	n/d	Dato no disponible

Fuente:

- Promedios determinados a partir de lecturas obtenidas en la Estación Meteorológica Automática Presa Emilio López Zamora (período 2000-2017) ubicada al norte de Ensenada, Baja California (latitud 31°53'29" N, longitud 116°36'11" W, altitud 32.0 msnm) administrada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA).
- "Datos calculados" en virtud de no contar con información de esta variable climática en alguna de las normales climatológicas de las estaciones analizadas.
- "Datos obtenidos de las normales climatológicas (período 1951-1980) del Observatorio Sinóptico ubicado en Ensenada, Baja California (latitud N 31°49', longitud W 116°37' y altitud 13 msnm) dependiente del Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA).
- "Datos obtenidos de las normales climatológicas (período 1981-2010) de la Estación Meteorológica Automática Presa Emilio López Zamora ubicado en Ensenada, Baja California (latitud N 31°53'45", longitud W 116°35'50" y altitud 43 msnm) dependiente del Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA).
- "Datos calculados" en virtud de no contar con registros históricos de las componentes de la radiación solar por separado. El cálculo fue con base en Fernández Zayas, J. L. y V. Estrada-Cajigal (1983). Cálculo de la Radiación Solar Instantánea en la República Mexicana. Instituto de Ingeniería, UNAM, serie no. 472, México.

***Nota: En caso de no contar con ciertos datos climáticos, simplemente dejar VACÍA la celda.

Tabla 5. Normales climatológicas (período 2000-2017) de la Estación Meteorológica Automática BC02-Ensenada, dependiente del Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA), tabla elaborada por la BAT.

4.2. Análisis paramétrico

El análisis paramétrico consiste en analizar cada una de las variables climáticas presentadas en el lugar de estudio: temperaturas de bulbo seco y húmedo, humedad relativa, precipitación pluvial, presión atmosférica, radiación solar y viento, entre otros (Fuentes, 2004), con el fin de observar su comportamiento mensual y anual —durante un periodo de tiempo definido—, así como sus características principales para su aplicación, control y operación en el diseño de edificaciones arquitectónicas. Para ello, el análisis climático-bioclimático de esta investigación se llevó a cabo con la aplicación informática Bioclimatic Analysis Tool (BAT)³ —desarrollada por Rincón y Fuentes (2014)—, debido a las características técnicas, de operación, manipulación (edición), procesamiento de datos, trazado de gráficos, modelado de resultados y facilidad de interpretación que ésta ofrece para tal fin.

Para definir la Temperatura Neutra (T_n) de la ciudad de Ensenada, como primer acercamiento al tema de estudio, se ha empleado la ecuación lineal de Auliciems y Szokolay (1997) como referente de neutralidad y de rangos de confort térmico utilizados con mayor frecuencia y aceptabilidad en los estudios de confort térmico alrededor del mundo. La ecuación, que considera como única variable independiente a la temperatura media exterior, es la siguiente:

- $T_n = 17,6 + 0,31 T_{med}(1)$

Dónde:

T_n = Temperatura neutra.

T_{med} = Temperatura media del periodo en estudio (mensual / anual).

Dadas las características del bioclima templado seco del sitio en estudio y lo señalado por Gómez-Azpeitia *et al.* (2007b)—referente a que la T_n no es una situación puntual y estricta bajo la cual las personas exclusivamente pueden experimentar confort térmico, sino que es la base para una posible amplitud (llamada zona o rango de confort) donde los individuos pueden estar en condiciones cercanas a dicha temperatura sin que adviertan malestar—, se ha determinado emplear el modelo de Auliciems y Szokolay (1997) para definir la Zona de Confort (ZC). Este modelo plantea aplicar una amplitud térmica de $\pm 2,0K$ a $\pm 2,5K$ sobre la T_n para periodos anuales, ya que entre mayor sea el tiempo de adaptación, el rango de confort es más amplio dado que en ese periodo pueden

³ Para mayor referencia de la BAT, remitirse a <https://www.academia.edu/8742067>

presentarse temperaturas extremas y, por ende, entre más reducido sea el periodo de adaptación, la oscilación de temperaturas será más estable, pues los extremos quedarían fuera de ese lapso. De esta manera, los Límites Superior e Inferior de la Zona de Confort (ZCs y ZCi, respectivamente) para la ciudad de Ensenada quedan definidos de la siguiente manera:

- $ZCs = T_n + 2,5K$
- $ZCi = T_n - 2,5K$

4.2.1. Temperatura

La temperatura óptima de confort anual —Temperatura Neutra (T_n) o de Termopreferendum— es de $23,0^\circ\text{C}$, con un rango aceptable (Zona de Confort) entre los $20,5^\circ\text{C}$ y $25,5^\circ\text{C}$. La temperatura media (T_{med}) anual es de $17,3^\circ\text{C}$; la media del mes cálido es de $21,5^\circ\text{C}$ en agosto y la media del mes frío es de $13,9^\circ\text{C}$ en diciembre.

De acuerdo con la Figura 2, las Temperaturas Máximas (T_{max}) a lo largo del año —generalmente alrededor de las 15 h 00, horario solar (Fuentes, 2004)— se ubican dentro de la ZC, excepto por los meses de febrero y diciembre que se encuentran por debajo de ella; mientras tanto, las T_{med} y las Mínimas (T_{min}) de todo el año —generalmente alrededor de las 06 h 00, horario solar (Fuentes, 2004)— se encuentran por debajo de la ZC. Asimismo, las Temperaturas Máximas Extremas (T_{maxext}) y Mínimas Extremas (T_{minext}) —presentadas eventualmente a lo largo del periodo analizado— se encuentran fuera de la ZC al ubicarse por encima del ZCs y por debajo del ZCi, respectivamente.

Se puede observar que únicamente las tardes a lo largo del año (excepto febrero y diciembre) son las que ofrecen condiciones óptimas de confort, mientras que las noches, madrugadas y mañanas —de todo el año— son frías, con posibilidad de alcanzar temperaturas extremas cercanas a los $0,0^\circ\text{C}$ en invierno.

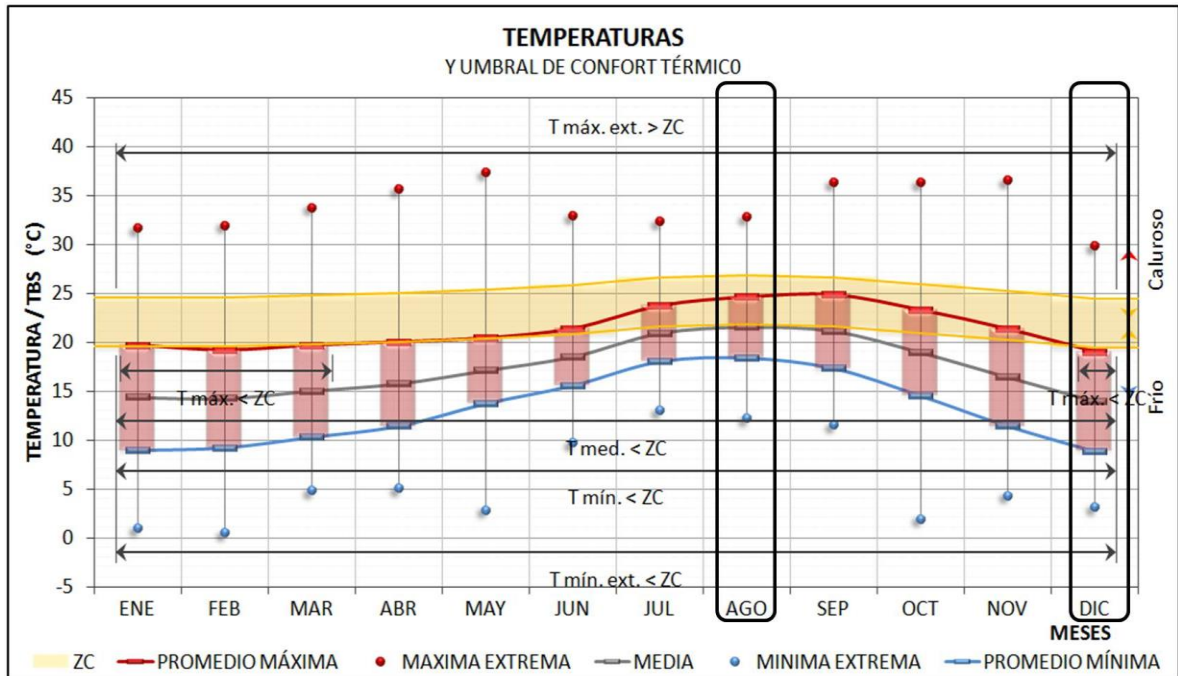


Figura 2. Comportamiento mensual de las temperaturas máximas, media y mínimas frente a la ZC del modelo de Auliciems y Szokolay $-5,0\text{ K}$ (Gráfica elaborada a partir de datos climáticos procesados por la BAT).

La oscilación de temperatura anual promedio es baja, corresponde a $8,3\text{ K}$; mientras que la oscilación diaria promedio anual es extrema, corresponde a $36,8\text{ K}$.

Al observar los datos horarios de temperatura (Figura 3) se puede apreciar que en ningún momento se presentan condiciones de Sobrecalentamiento (SC) a lo largo del año —aunque las temperaturas extremas (*históricas*) demuestran que en casos aislados se han registrado temperaturas cercanas a los $40,0^{\circ}\text{C}$ —; no obstante, sólo el 19 % del tiempo se encuentra en condiciones de Confort (CF) térmico y un 81 % del año presenta condiciones de Bajo Calentamiento (BC) (Tabla 6).

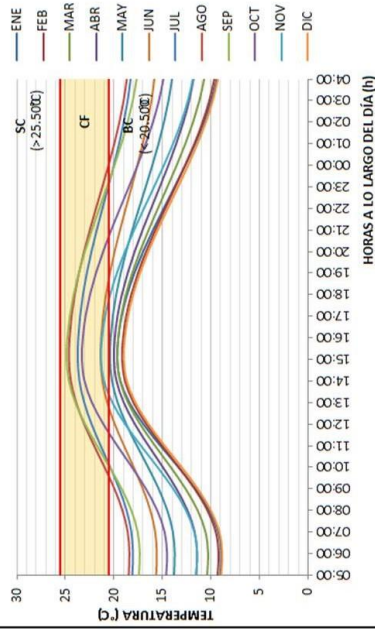
TEMPERATURAS HORARIAS

PROM. TEMP.	Min.	Max.	HORA	HORAS A LO LARGO DEL DÍA (h)																								BC	CF	SC
				05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00			
8.9	19.7	19.7	ENE	9.1	8.9	9.3	10.2	11.6	13.4	15.2	17.0	18.4	19.3	19.7	19.6	19.2	18.6	17.9	17.0	16.0	14.9	13.7	12.7	11.6	10.7	10.0	9.4	91.7	8.3	0.0
9.2	19.2	19.2	FEB	9.3	9.2	10.4	11.7	13.3	15.1	16.7	18.0	18.9	19.2	19.1	18.7	18.2	17.5	16.7	15.7	14.7	13.7	12.7	11.7	10.9	10.2	9.7	100.0	0.0	0.0	
10.3	19.7	19.7	MAR	10.4	10.3	10.6	11.4	12.6	14.2	15.8	17.3	18.6	19.4	19.7	19.6	19.3	18.7	18.1	17.3	16.4	15.5	14.5	13.5	12.6	11.9	11.2	10.7	100.0	0.0	0.0
11.4	20.0	20.0	ABR	11.5	11.4	11.7	12.4	13.6	15.0	16.5	17.9	19.0	19.7	20.0	19.9	19.6	19.2	18.6	17.9	17.0	16.2	15.3	14.4	13.6	12.9	12.3	11.8	95.8	4.2	0.0
13.7	20.4	20.4	MAY	13.9	13.7	13.9	14.5	15.4	16.5	17.7	18.7	19.6	20.2	20.4	20.3	20.1	19.8	19.3	18.7	18.1	17.4	16.7	16.0	15.4	14.8	14.4	14.0	95.8	4.2	0.0
15.6	21.4	21.4	JUN	15.6	15.6	15.8	16.3	17.0	18.0	19.0	19.9	20.7	21.2	21.4	21.3	21.1	20.8	20.4	19.9	19.4	18.8	18.2	17.6	17.0	16.5	16.1	15.8	79.2	20.8	0.0
18.0	23.7	23.7	JUL	18.1	18.0	18.2	18.7	19.5	20.4	21.4	22.3	23.1	23.6	23.7	23.7	23.5	23.2	22.8	22.3	21.8	21.2	20.6	20.0	19.5	19.0	18.6	18.3	58.3	41.7	0.0
18.4	24.6	24.6	AGO	18.5	18.4	18.6	19.1	20.0	21.0	22.1	23.1	23.9	24.4	24.6	24.6	24.4	24.0	23.6	23.1	22.5	21.8	21.2	20.6	20.0	19.4	19.0	18.7	50.0	50.0	0.0
17.3	24.9	24.9	SEP	17.4	17.3	17.6	18.2	19.2	20.5	21.8	23.0	24.0	24.6	24.9	24.8	24.5	24.2	23.6	23.0	22.3	21.5	20.7	19.9	19.2	18.6	18.1	17.7	54.2	45.8	0.0
14.5	23.3	23.3	OCT	14.6	14.5	14.8	15.6	16.7	18.2	19.7	21.1	22.3	23.0	23.3	23.2	22.9	22.5	21.9	21.1	20.3	19.4	18.5	17.6	16.7	16.0	15.4	14.9	62.5	37.5	0.0
11.4	21.3	21.3	NOV	11.5	11.4	11.7	12.6	13.9	15.5	17.2	18.9	20.2	21.0	21.3	21.2	20.9	20.4	19.7	18.9	17.9	16.9	15.9	14.9	13.9	13.1	12.4	11.9	79.2	20.8	0.0
8.8	19.0	19.0	DIC	9.0	8.8	9.2	10.0	11.4	13.0	14.8	16.5	17.8	18.7	19.0	18.9	18.6	18.0	17.3	16.5	15.5	14.5	13.4	12.4	11.4	10.5	9.8	9.3	100.0	0.0	0.0
13.2	21.4	21.4	ANUAL	13.2	13.2	13.4	14.1	15.2	16.6	18.0	19.4	20.5	21.2	21.4	21.3	21.1	20.6	20.1	19.4	18.6	17.7	16.9	16.0	15.2	14.5	13.9	13.5	80.6	19.4	0.0

Escala Cromática (ZC mensual)

Sobrecalentamiento (SC)	29.5	<
Confort (CF)	27.5	29.5
Bajocalentamiento (BC)	25.5	27.5
	20.5	25.5
	18.5	20.5
	16.5	18.5
	<	16.5

RECORRIDO DIARIO DE LA TEMPERATURA



REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS ANUALES

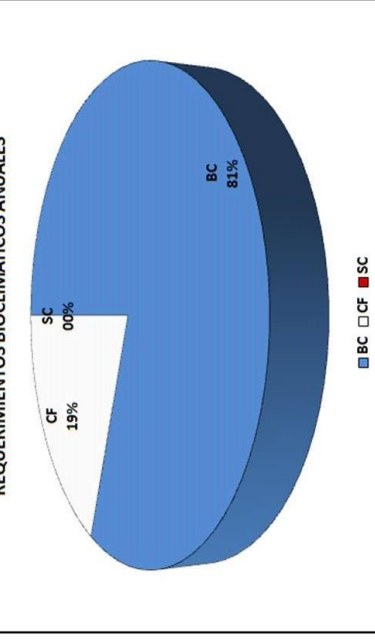


Figura 3. Arriba. Representación horaria de la temperatura promedio mensual y anual presentada durante el transcurso del día, a partir del Modelo de Aulicems y Szokolay (1997) —5,0 K—. A la izquierda. Rangos de temperatura y simbología cromática que representan la intensidad térmica horaria durante un día mensual y anual. Al Centro. Recorrido horario de temperaturas mensuales. A la Derecha. Requerimientos anuales de enfriamiento o calentamiento para lograr la ZC (Gráficos elaborados a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

Temperatura	Comportamiento Térmico	Total (%)
	Sobrecalentamiento (SC)	0,0
	Confort (CF)	19
	Bajo Calentamiento (BC)	81

Tabla 6. Comportamiento térmico anual de acuerdo al rango de confort del modelo de Auliciems y Szokolay (1997) (Tabla elaborada a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

Con lo anterior, es posible concluir que cerca del 81,0% del año presenta requerimiento de calentamiento y, sólo un 19,0% del tiempo, presenta condiciones ideales de confort térmico, por lo que no representa requerimiento alguno.

Los datos horarios muestran detalladamente el comportamiento térmico a lo largo del día (Figura 3). Con ello, se tiene que en:

- Febrero, marzo y diciembre: Las condiciones de BC —inferiores a los 19,5 °C, 19,7 °C y 19,4 °C, respectivamente (ZCi de cada uno de los meses mencionados)— se presentan durante todo el día; con esto, las condiciones de confort térmico son nulas.
- Abril y mayo: Las condiciones de BC —inferiores a los 20,0 °C y 20,4 °C, respectivamente (ZCi mensual de los periodos mencionados)— se presentan de las 16 h 00 h a las 14 h 00 del día siguiente; con esto, las condiciones de confort térmico dan lugar únicamente durante dos horas al día (de 14 h 00 a 16 h 00, concretamente).
- Enero: Las condiciones de BC —inferiores a los 19,5 °C (ZCi mensual)— se presentan de las 17 h 00 h a las 14 h 00 del día siguiente; con esto, las condiciones de confort térmico dan lugar durante tres horas al día (de 14 h 00 a 17 h 00).
- Junio y noviembre: Las condiciones de BC —inferiores a los 20,8 °C y 20,2 °C, respectivamente (ZCi mensual de los periodos mencionados)— se presentan de las 19 h 00 h a las 13 h 00 del día siguiente; con esto, las condiciones de confort térmico dan lugar únicamente durante seis horas al día (de 13 h 00 a 19 h 00, concretamente).
- Octubre: Las condiciones de BC —inferiores a los 21,0 °C— se presentan de las 21 h 00 a las 11 h 00 del día siguiente; con esto, las condiciones de confort térmico dan lugar durante diez horas al día (de 11 h 00 a 21 h 00).

- Julio: Las condiciones de BC —inferiores a los 21,6 °C (ZCi mensual)— se presentan de las 22 h 00 a las 11 h 00 del día siguiente; con esto, las condiciones de confort térmico se perciben durante once horas al día (de 11 h 00 a 22 h 00, concretamente).
- Septiembre: Las condiciones de BC —inferiores a los 21,6 °C (ZCi mensual)— se presentan de las 22 h 00 a las 10 h 00 del día siguiente; con esto, las condiciones de confort térmico se perciben durante doce horas al día (de 10 h 00 a 22 h 00).
- Agosto: Las condiciones de BC—inferiores a los 21,8 °C — se presentan de las 23 h 00 a las 10 h 00 del día siguiente; con esto, las condiciones de confort térmico dan lugar a doce horas al día (de 11 h 00 a 22 h 00).

Con lo anterior, resulta evidente que durante todo el año existen requerimientos de calentamiento cuyo objetivo es alcanzar condiciones de confort térmico en los horarios más críticos; no obstante, el periodo de mayor atención se centra en diciembre, febrero y marzo, donde las condiciones de baja temperatura prevalecen durante todo el día y donde es posible alcanzar temperaturas cercanas a los 8,8°C durante las madrugadas. Asimismo, de junio a noviembre, el horario en que se presentan condiciones ideales de confort térmico se extiende hasta nueve horas diarias (en promedio) en el transcurso de las tardes; sin embargo, durante las noches, madrugadas y mañanas se presentan requerimientos variados de calentamiento.

Asimismo, es posible observar que las temperaturas bajas del año (rango de 8,8°C a 20,5 °C) a lo largo de todo el día, durante el periodo de diciembre a abril correspondiendo nuevamente con la Figura 2.

4.2.2. Humedad Relativa

De acuerdo con investigaciones recientes (Marcó *et al.*, 2003; Sosa y Siem, 2004), el ser humano es poco sensible a los cambios de Humedad Relativa dentro del margen del 30,0 % al 70,0%, y si éstos al realizarse se percibieran, se manifestarían como cambio de temperatura aunque ésta permanezca constante⁴. Con lo anterior, y por las condiciones

⁴ Según Marcó *et al.* (2003), cuanto más seco está el aire, más fría se percibe la temperatura. El metabolismo aprovecha la evaporación del sudor para refrigerar la piel. Si la humedad relativa es del 100 %, el aire está saturado de agua e impide la evaporación. Cuanto menor sea la humedad relativa, más fácilmente se evaporará el sudor de la piel, por lo que aparecerá una sensación de frescura.

climáticas que se presentan en la ciudad de Ensenada, el rango de confort hídrico que se ha determinado aplicar para el presente análisis climático oscila entre el 30,0 % y 70,0 %.

Con base en los datos climáticos de la estación meteorológica señalada al inicio de este análisis, la Humedad Relativa Media (HR_{med}) anual para la ciudad de Ensenada se pondera en 75,8 % con una oscilación anual promedio de 34,2 %. En el mes seco (enero) se presenta una HR_{med} igual a 65,4 %, mientras que en el mes húmedo (agosto) una igual a 86,1 %.

La Figura 4 muestra el comportamiento mensual de la HR a lo largo del año. En la gráfica se aprecia que durante todo el año la Humedad Relativa Mínima (HR_{min}) —presente generalmente a las 15 h 00, horario solar (Fuentes, 2004)—, así como la HR_{med} de noviembre a mediados de febrero, se encuentran dentro del rango de confort hídrico mencionado en párrafos anteriores. No obstante, la HR_{med} de mediados de febrero a noviembre, así como la Humedad Relativa Máxima (HR_{max}) de todo el año—generalmente a las 06 h 00, horario solar (Fuentes, 2004)—, se encuentran por encima de la ZCs, con diferencias de hasta 16,1 % (en agosto) en el primero de los casos y variaciones que van de 13,9% (en enero) a 24,2% (en agosto) en el segundo de ellos. Asimismo, HR_{min} a lo largo del año se encuentra dentro del rango de ZCi.

Cabe mencionar que el comportamiento mensual de la HR (máxima, media y mínima) a lo largo del año se mantiene prácticamente uniforme por ser de ciudad costera, factor que ocasiona que, si bien las temperaturas no desciendan, éstas mantengan un margen de oscilación inferior al mostrado en el resto del año (Figura 2).

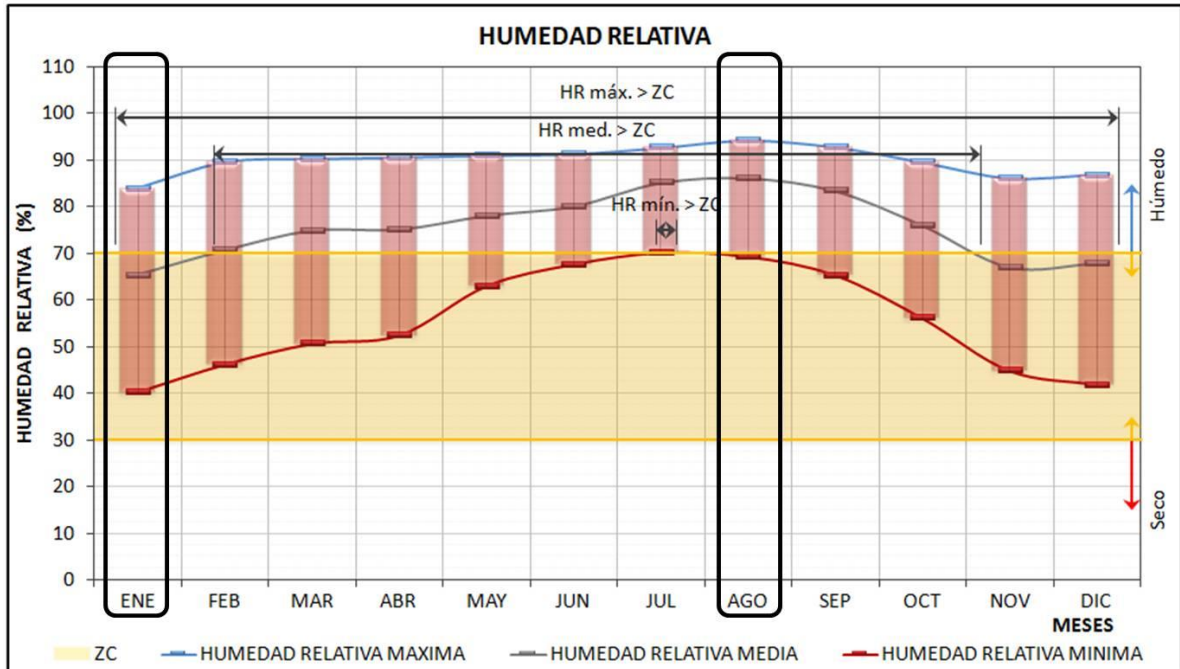


Figura 4. Comportamiento mensual de las HR mínima, media y máxima, frente a la ZC permisible que acepta un rango del 30,0 % al 70,0 % (Gráfica elaborada a partir de datos climáticos procesados por la BAT).

Por su parte, el análisis horario de la HR (Figura 5) arroja requerimientos nulos de humidificación —al tratarse de un litoral—. En contraste, el 61,0 % del tiempo— específicamente durante la totalidad de las madrugadas y mañanas de la mayoría del año— presenta niveles superiores al 70,0 % de HR (ZCs), lo que indica requerimientos de deshumidificación en estos horarios (Tabla 7).

Comportamiento Hídrico		Total (%)
Humedad Relativa (HR)	Humedad Baja (HB)	0,0
	Confort (CF)	39,0
	Humedad Alta (HA)	61,0

Tabla 7. Comportamiento anual de la HR según los límites inferior (30,0 %) y superior (70,0 %) del confort hídrico (Tabla elaborada a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

HUMEDADES RELATIVAS HORARIAS

PROM. HUM.	Min.	Max.	HORA	HUMEDADES RELATIVAS HORARIAS												HB	CF	HA												
				05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00				17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00
40.2	83.9	89.5	ENE	83.4	83.9	89.5	78.8	72.9	65.8	58.2	51.1	45.3	41.5	40.2	40.7	42.1	44.4	47.4	51.1	55.3	59.7	64.3	68.8	72.9	76.6	79.7	82.0	0.0	62.5	37.5
46.2	89.5	88.2	FEB	89.1	89.5	88.2	84.5	78.7	71.6	64.1	57.0	51.2	47.5	46.2	46.6	48.0	50.3	53.3	57.0	61.1	65.6	70.1	74.5	78.7	82.4	85.4	87.7	0.0	50.0	50.0
50.6	90.2	89.0	MAR	89.8	90.2	89.0	85.6	80.3	73.9	67.0	60.5	55.2	51.8	50.6	51.0	52.3	54.4	57.2	60.5	64.3	68.3	72.5	76.5	80.3	83.7	86.4	88.5	0.0	50.0	50.0
52.4	90.5	89.4	ABR	90.1	90.5	89.4	86.0	81.0	74.8	68.1	61.9	56.9	53.6	52.4	52.8	54.1	56.0	58.7	61.9	65.6	69.5	73.4	77.3	81.0	84.2	86.9	88.9	0.0	50.0	50.0
53.0	90.9	90.1	MAY	90.6	90.9	90.1	87.7	84.0	79.4	74.6	70.0	66.3	63.0	63.3	63.3	64.2	65.7	67.6	70.0	72.7	75.5	78.4	81.3	84.0	86.3	88.3	89.7	0.0	37.5	62.5
57.7	91.2	90.5	JUN	91.0	91.2	90.5	88.5	85.3	81.5	77.4	73.6	70.4	68.4	67.7	67.9	68.7	69.9	71.6	73.6	75.8	78.2	80.7	83.1	85.3	87.3	89.0	90.2	0.0	20.8	79.2
70.1	92.6	91.9	JUL	92.4	92.6	91.9	90.0	87.0	83.3	79.4	75.8	72.8	70.8	70.1	70.4	71.1	72.3	73.9	75.8	77.9	80.2	82.6	84.9	87.0	89.0	90.5	91.7	0.0	0.0	100.0
69.3	94.2	93.5	AGO	93.9	94.2	93.5	91.3	88.0	83.9	79.6	75.5	72.2	70.1	69.3	69.6	70.4	71.7	73.4	75.5	77.9	80.5	83.1	85.6	88.0	90.1	91.8	93.1	0.0	8.3	91.7
65.3	92.8	91.9	SEP	92.5	92.8	91.9	89.5	85.9	81.4	76.7	72.2	68.5	66.1	65.3	65.6	66.5	67.9	69.9	72.2	74.8	77.6	80.5	83.3	85.9	88.2	90.1	91.6	0.0	29.2	70.8
56.1	89.5	88.5	OCT	89.1	89.5	88.5	85.6	81.1	75.7	69.9	64.4	60.0	57.1	56.1	56.4	57.5	59.3	61.6	64.4	67.6	71.0	74.5	77.9	81.1	83.9	86.3	88.0	0.0	45.8	54.2
44.8	86.0	84.7	NOV	85.5	86.0	84.7	81.1	75.7	69.0	61.8	55.1	49.6	46.0	44.8	45.2	46.9	48.7	51.6	55.1	59.0	63.2	67.5	71.7	75.7	79.2	82.0	84.2	0.0	58.3	41.7
41.8	86.8	83.4	DIC	86.3	86.8	83.4	81.5	75.5	68.2	60.4	53.0	47.1	43.2	41.8	42.3	43.7	46.1	49.2	53.0	57.3	61.9	66.6	71.2	75.5	79.3	82.5	84.8	0.0	58.3	41.7
55.6	89.8	88.8	ANUAL	89.5	89.8	88.8	85.8	81.3	75.7	69.8	64.2	59.6	56.7	55.6	56.0	57.1	58.9	61.3	64.2	67.4	70.9	74.5	78.0	81.3	84.2	86.6	88.4	0.0	39.2	60.8

Escala Cromática

Humedad Alta (HA)	80.0	<
Comfort (CF)	70.0	75.0
Humedad Baja (HB)	30.0	20.0

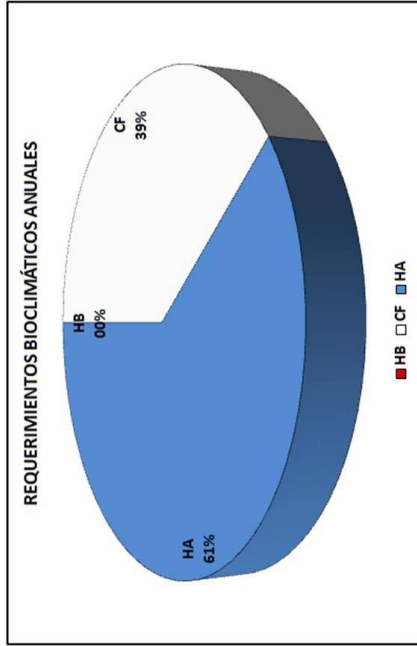
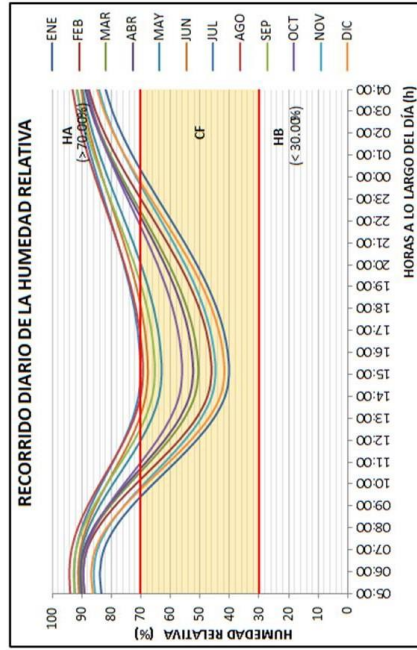


Figura 5. Arriba. Representación horaria del recorrido de la HR promedio mensual y anual presentada durante el día. A la izquierda. Rangos de humedad y simbología cromática que representan la intensidad de humedad horaria durante un día mensual y anual. Al centro. Comportamiento horario de humedades mensuales durante el día. A la Derecha. Requerimientos anuales para lograr la zona de confort (Gráficos elaborados a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

Asimismo, es de mencionar que el 39,0 % restante del año —específicamente durante las mañanas, de noviembre a enero, así como la totalidad de las tardes de todo el año— presenta condiciones ideales de HR al conseguir niveles variados que oscilan entre el 30,0 % y 70,0 % (Tabla 7).

Los datos horarios muestran detalladamente el comportamiento higrico a lo largo del día (Figura 5). Con ello, se tiene que en:

- Enero: Las condiciones de Humedad Alta (HA) superiores a la ZCs (70,0 %) se presentan de las 01 h 00 a las 09 h 00, mientras que las condiciones de Humedad Baja (HB) inferiores a la ZCi (30,0 %) son nulas en el mes; con esto, las condiciones de confort higrico se perciben durante dieciséis horas al día (parte de la mañana, toda la tarde y toda la noche).
- Noviembre y diciembre: Las condiciones de HA se presentan de 00 h 00 a 09 h 00, mientras que las condiciones de HB son inexistentes, lo que indica que las condiciones de confort higrico se perciben durante quince horas al día (parte de la mañana, toda la tarde y toda la noche).
- Febrero, marzo y abril: Las condiciones de HA se presentan de las 23 h 00 a 10 h 00; con esto, las condiciones de confort higrico se perciben durante trece horas al día (parte de la mañana, toda la tarde y parte de la noche).
- Octubre: Las condiciones de HA se presentan de las 22 h 00 a 10 h 00, lo que indica que las condiciones de confort higrico se perciben durante doce horas al día (parte de la mañana, toda la tarde y parte de la noche).
- Mayo: Las condiciones de HA se presentan de 21 h 00 a 11 h 00, mientras que las condiciones de HB son inexistentes, lo que indica que las condiciones de confort higrico se perciben durante diez horas al día (toda la tarde y parte de la noche).
- Septiembre: Las condiciones de HA se presentan de las 20 h 00 a 12 h 00; con esto, las condiciones de confort higrico se perciben durante ocho horas al día (toda la tarde y parte de la noche).
- Junio: Las condiciones de HA se presentan de las 19 h 00 a las 13 h 00, lo que indica que las condiciones de confort higrico se perciben durante seis horas al día (toda la tarde).
- Agosto: Las condiciones de HA se presentan de las 17 h 00 a las 14 h 00 del día siguiente, lo que indica que las condiciones de confort higrico se perciben durante tres horas al día (parte de la tarde).

- Julio: Las condiciones de HA se presentan durante todo el día, lo que indica que las condiciones de confort higríco son nulas en dicho mes.

De acuerdo a la gráfica del *Recorrido Diario de Humedad Relativa* (Figura 5), en ningún caso se presenta la HR baja, mientras que la HR máxima da lugar a las 06 h 00.

4.2.3. Precipitación pluvial y Evaporación

De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN)⁵, la precipitación pluvial se define como el conjunto de partículas de agua líquidas o sólidas que caen desde la atmósfera hacia la superficie terrestre. Con base en Fuentes (2004: 169), *“la precipitación total anual sirve para definir si una localidad es seca, de precipitación moderada o húmeda (...); en términos generales, el rango definido para una precipitación moderada está comprendido entre los 650 mm y 1 000 mm. Por debajo de esta cifra la localidad será seca y por arriba será húmeda”*⁶

Con lo anterior, el clima de la ciudad de Ensenada es de precipitación baja al presentar una anual de 217,3mm. Sin embargo, de acuerdo con la intensidad en que se presentan las precipitaciones⁷, se pueden apreciar dos periodos de lluvia a lo largo del año (Figura 6):

1. Precipitación baja (escasa): Durante enero y el periodo de marzo a noviembre condensan precipitaciones inferiores a los 40,0 mm —que van de los 0,6 mm (en julio) a los 38,7 mm (en enero)—.
2. Precipitación media (moderada): Comprende los meses de febrero y diciembre con precipitaciones entre los 40,0 mm y 150,0 mm —que van desde 47,1 mm (en diciembre) hasta los 49,1 mm (en febrero)—.

Es de destacar que las precipitaciones promedio mensuales podrían multiplicarse tal como lo demuestran las precipitaciones máximas a lo largo del periodo histórico analizado. Asimismo, estos promedios mensuales podrían presentarse, o incluso exceder su valor, en un mismo día, tal como lo demuestran las lluvias máximas en 24 h manifestadas en el periodo antes mencionado (Tabla 5).

⁵Glosario de Términos del Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua, México [on-line]. Disponible en: smn.cna.gob.mx/glosario/glosario.html [Consultado el 26 de enero de 2013].

⁶ Generalmente, un sitio que presenta lluvias anuales inferiores a los 400,0 mm se considera con clima desértico (Fuentes, 2004).

⁷ Se considera lluvia fuerte cuando se sobrepasan los 150,0 mm de precipitación total mensual y poca lluvia cuando no se alcanzan los 40,0 mm (Fuentes, 2004).

Si se relaciona la evaporación y la precipitación en un mismo escenario (Figura 6) se puede apreciar que enero y de marzo a noviembre (periodo con lluvias escasas) la tendencia de la evaporación es proporcional a la precipitación; sin embargo, en febrero y diciembre (periodo con precipitación moderada) dicha relación es inversamente proporcional, es decir, a mayor precipitación menor evaporación.

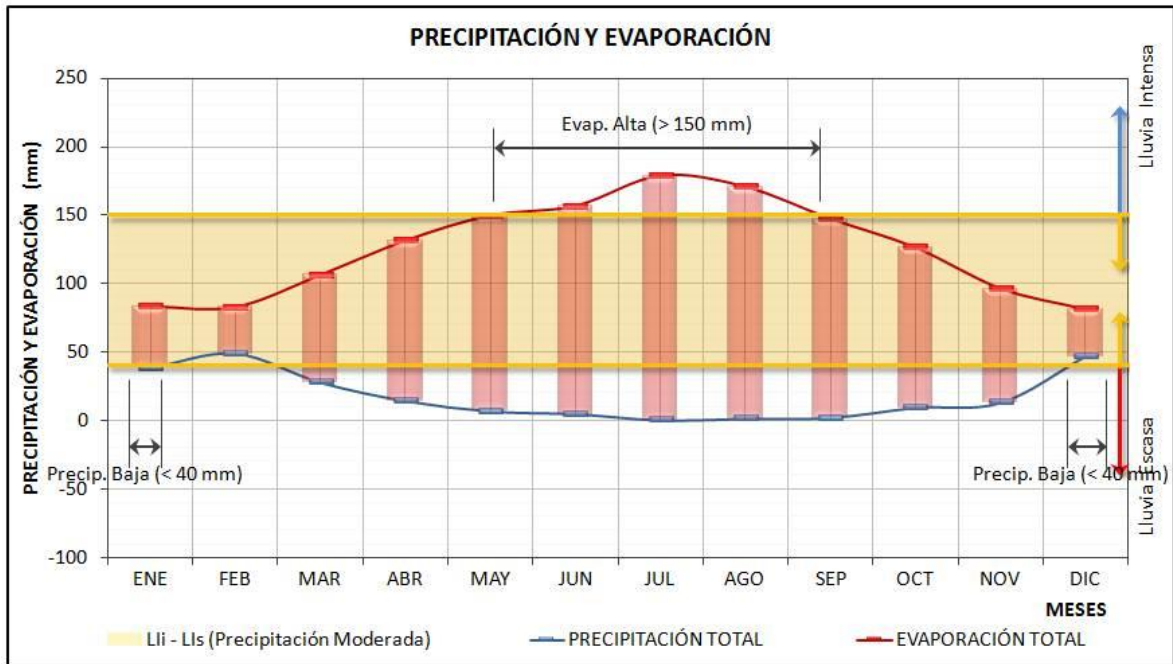


Figura 6. Comportamiento mensual de la precipitación respecto a la evaporación durante el año (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

4.2.4. Radiación Solar

De acuerdo con la Figura 7, la Radiación Solar Total (RSg) máxima promedio en la ciudad de Ensenada es alta durante prácticamente todo el año, excepto por el periodo de diciembre a febrero al presentar registros superiores a los $700,0 \text{ W/m}^2$ (que, para una hora de tiempo es igual a $2,5 \text{ MJ/m}^2\text{h}$)⁸. Abril y mayo destacan con una RSg máxima promedio de $991,8 \text{ W/m}^2$ ($3,6 \text{ MJ/m}^2\text{h}$); en contraste, los meses en que da lugar la menor RSg máxima promedio en el transcurso del año son diciembre y enero con $609,9 \text{ W/m}^2$ ($2,2 \text{ MJ/m}^2\text{h}$) y $644,8 \text{ W/m}^2$ ($2,3 \text{ MJ/m}^2\text{h}$), respectivamente.

⁸ Si $1,0 \text{ W} = 1,0 \text{ J/s}$, entonces $1,0 \text{ W/m}^2 = 1,0 \text{ J/sm}^2$. Por lo tanto, para 1 h (3 600 s), se tiene $(1,0 \text{ J/sm}^2) (3 600 \text{ s}) = 3 600 \text{ J/m}^2\text{h} = 3,6 \text{ KJ/m}^2\text{h} = 0,0036 \text{ MJ/m}^2\text{h}$. Por lo tanto, $1,0 \text{ W/m}^2$ en una hora de tiempo es igual a $0,0036 \text{ MJ/m}^2\text{h}$ (nótese que las unidades están dadas a partir del promedio resultante de una hora de medición, por lo que de acuerdo al periodo muestra registrado, deberá adecuarse la equivalencia).

De igual manera, la Radiación Solar Directa (RSb) máxima es alta durante todo el año al mantener niveles de radiación por encima de los 500,0 W/m² (1,8MJ/m²h). Mayo destaca nuevamente con la RSb máxima promedio más alta, ésta corresponde a 805,8 W/m² (2,9 MJ/m²h); en contraste, enero y diciembre se caracterizan por mostrar los valores más bajos de la RSb máxima promedio con 533,3 W/m² (1,9 MJ/m²h) y 566,3 W/m² (2,0 MJ/m²h), respectivamente. Por su parte, la Radiación Solar Difusa (RSd) se presenta con niveles irregulares—durante todo el año— que oscilan entre los 43,6 W/m² (0,2 MJ/m²h), en diciembre, y los 241,8 W/m² (0,9 MJ/m²h), en agosto.

Como es de suponer, la radiación solar descende durante el periodo de octubre a diciembre debido a la declinación solar generada entre la posición del Sol y la ubicación geográfica de la ciudad en estudio. La latitud de la ciudad de Ensenada es de 31° 53' 29" (superior a 23° 27'), por lo que el Sol —a medio día solar— alcanza una inclinación de 81.6° durante el mes de junio.

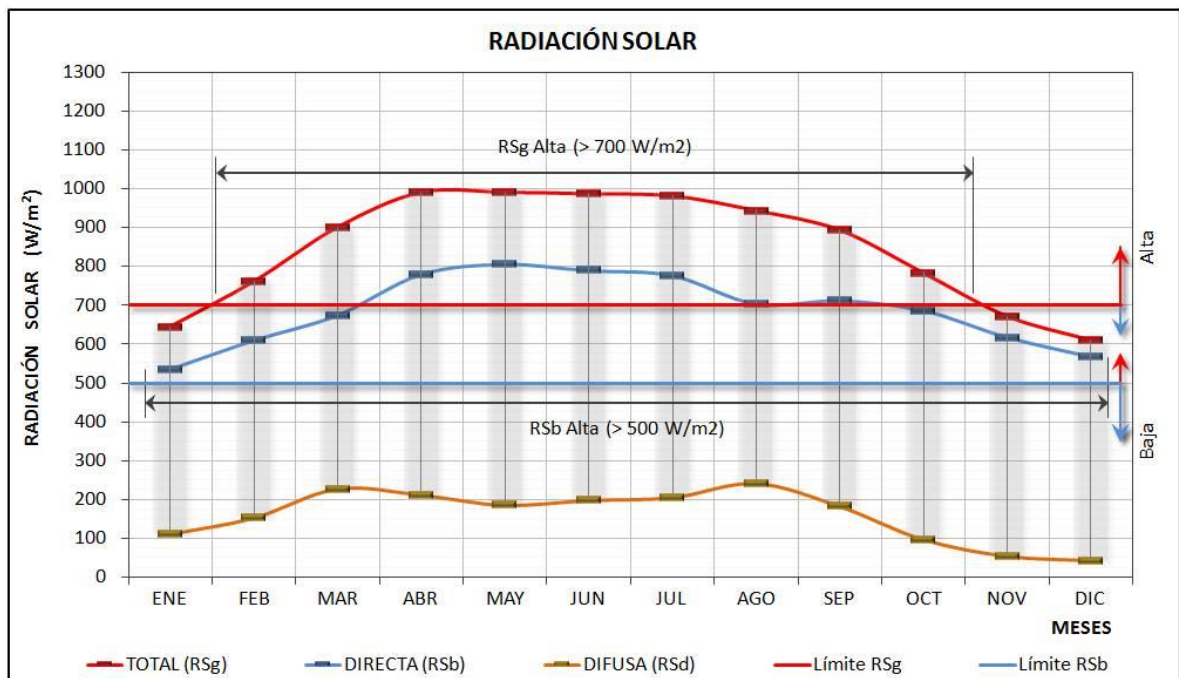


Figura 7. Comportamiento mensual de las RSg, RSb y RSd máximas promedio respecto a los niveles aceptables de Radiación Solar —para aprovechamiento de energía renovable— (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

4.2.5. Nubosidad

La nubosidad en la ciudad de Ensenada se ve representada mayoritariamente por los días despejados a lo largo del año (Figura 8). Durante otoño (septiembre a diciembre), los días con cielo despejado alcanzan hasta el 60,0 % del total del tiempo trimestral; sin embargo, los días con cielo medio nublado predominan con valores porcentuales superiores al 25,0 %, mientras que los días con cielo cerrado (o nublado) corresponden a cerca del 15,0 % del tiempo restante.

Durante todo el año los días con cielo despejado y cielo medio nublado se presentan de forma irregular, mientras que los días con cielos nublados se mantiene prácticamente uniforme.

La presencia de días con cielo despejado durante el periodo de septiembre a noviembre representa la transición entre el periodo húmedo y el periodo seco del año, por lo que los días con cielo nublado disminuyen proporcionalmente en estos meses. Lo anterior no afecta la regularidad con la que se presentan los días con cielo medio nublado en este periodo. Es de destacar que el periodo de mayor nubosidad no concuerda con el periodo en el que dan lugar las precipitaciones de invierno: diciembre a febrero (*ver Precipitación pluvial y Evaporación, pág. 45*).

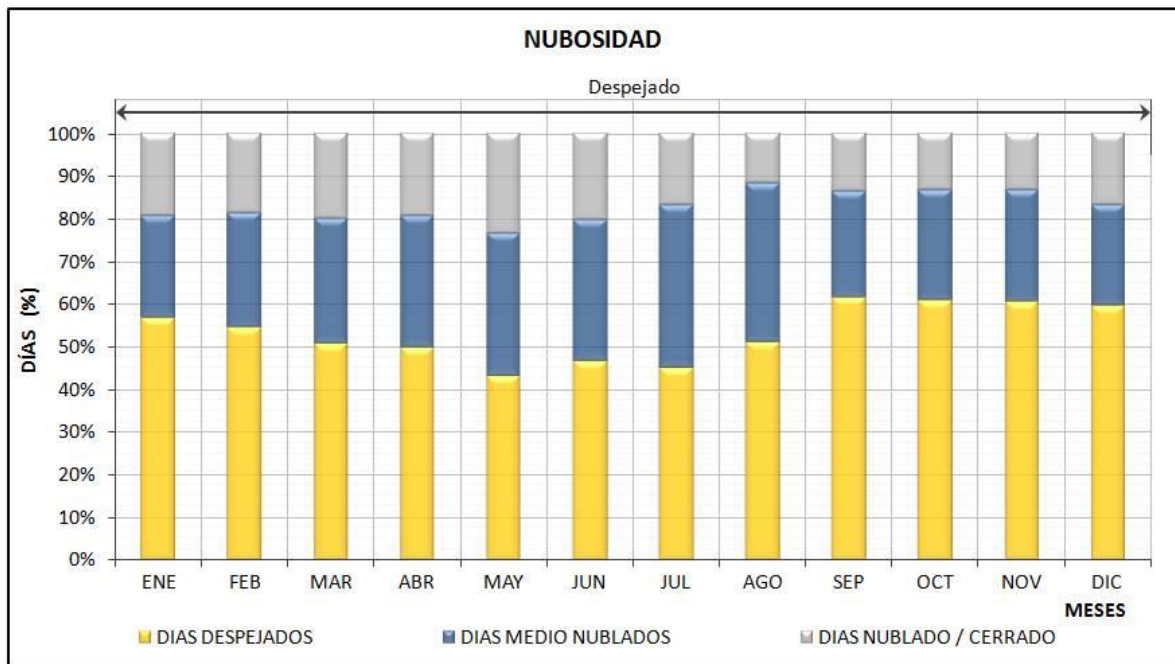


Figura 8. Comportamiento mensual de la nubosidad (días nublados, medio nublados y despejados) durante todo el año (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

4.2.6.Viento

La Tabla 8 muestra detalladamente la frecuencia y la velocidad mensual, anual y por dirección (de origen) del viento presentado a lo largo del año en la ciudad de Ensenada. Con ello se muestra de manera particular la forma cómo se originan las corrientes eólicas a partir de su procedencia e intensidad durante el periodo comprendido entre 2000-2017.

La tabla, además de contener información mensual y anual de la frecuencia y la velocidad de los vientos por dirección, muestra el porcentaje en que éstos se ausentan a lo largo del año (calmas), así como las velocidades promedio y máximas por mes y por dirección. No obstante, en la parte inferior de la tabla se muestra información sintetizada relacionada con la procedencia mensual y anual de los vientos dominantes y reinantes.

En la Figura 9 es posible apreciar, de manera general, la rosa anual de vientos predominantes en la ciudad de Ensenada. Este diagrama concentra esquemáticamente información relacionada con el origen y la dirección de los vientos dominantes y reinantes del sitio en estudio.

La rosa anual de vientos predominantes muestra que el 19,3 % de las frecuencias totales provienen del Suroeste (SW) y el 13,8 % del Sur (S), lo que indica que durante un largo periodo al año (33,1 % del tiempo) los vientos dominantes provienen del rango S-SW. No obstante, también es considerable la procedencia de éstos del Noreste (NE) y del Este (E) con una frecuencia promedio anual de 13,1 % y 12,6 %, respectivamente; los cuales, en conjunto, refieren al 25,7 % del tiempo anual.

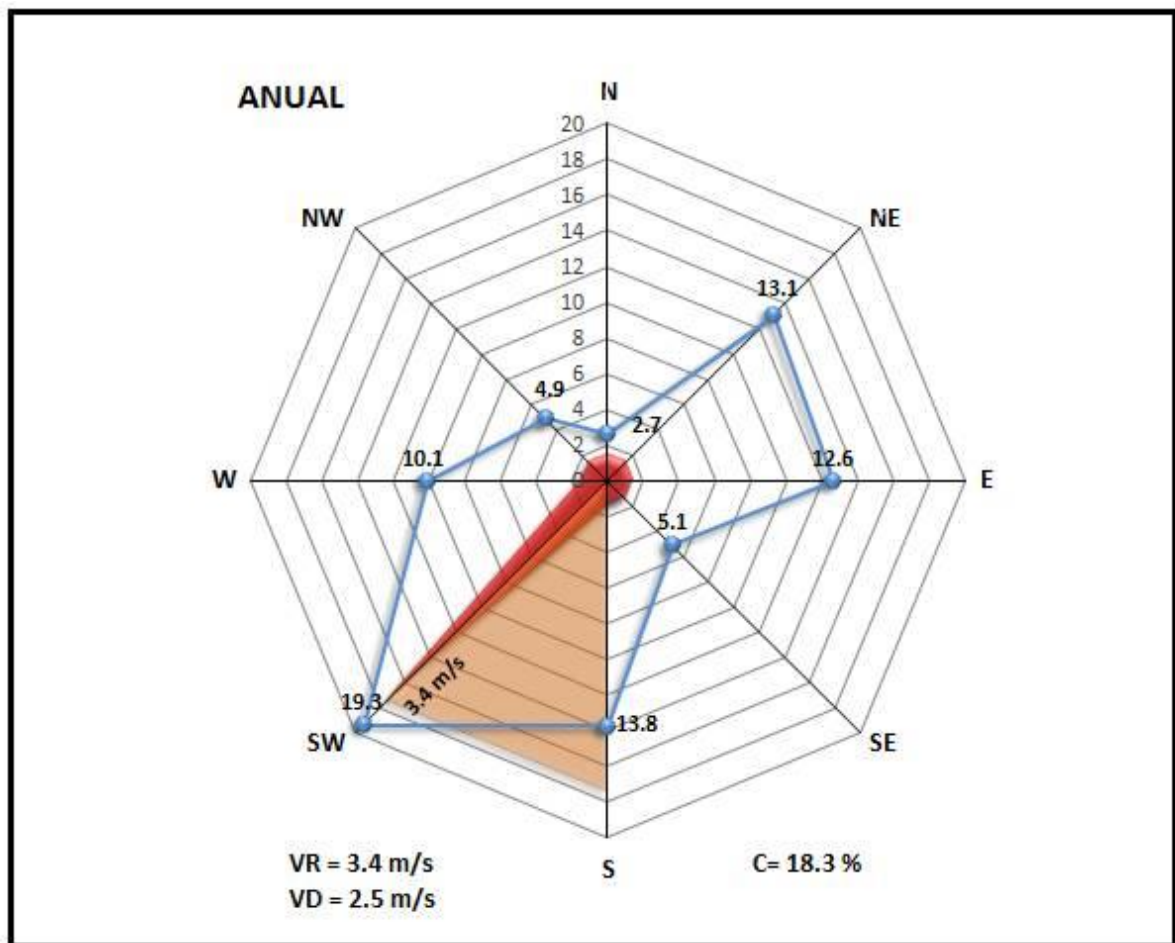


Figura 9. Rosa anual de vientos dominantes y reinantes. Procedencia del viento a partir de promedios anuales por dirección (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

De igual manera, pero con una frecuencia igual o inferior al 10,1 %, el recurso eólico da lugar por el Sureste (SE), el Oeste (W), el Noroeste (NW) y por el Norte (N), que, en conjunto, se presentan el 22,8 % del tiempo anual. El 18,3 % de frecuencias restantes se manifiestan en calmas a lo largo del año.

Es de destacar que el origen de los vientos reinantes —con una velocidad promedio anual de 3,4 m/s— resulta en el SW, orientación de donde, coincidentemente, provienen los vientos dominantes anuales (los de mayor frecuencia: 19,3 %).

Con la rosa de los vientos octogonal (Figura 10) se puede apreciar la frecuencia mensual del viento por orientación. En este caso, se puede observar que durante el año el viento proviene de distintas direcciones, sin embargo se origina con mayor frecuencia del SW con asiduidades constantes que van de 15,8 % (en marzo) a 28,7 % (en agosto) y velocidades variadas de entre 3,1 m/s (en diciembre) y 4,1 m/s (en abril) procedente del W en ambos casos.

El comportamiento mensual del viento a lo largo del año parece mostrar similitudes en cuanto a direcciones pares se refiere —en sentido a las manecillas del reloj—, por ejemplo:

- Los vientos provenientes del E y del SE dan lugar a que, en prácticamente todo el año, el recurso eólico se presente con una regularidad de ascenso y descenso constante —que varía, en promedio, entre el 12,6 % y el 5,1 % de frecuencia— excepto por los originados durante julio donde su frecuencia se pondera por encima de la máxima promedio anual.
- El viento originado del S y del SW demuestra un comportamiento similar al presentar las máximas frecuencias mensuales durante invierno y el primer mes de primavera y las mínimas durante el periodo de mayo a noviembre, con velocidades promedio de 2,5 m/s.
- El flujo eólico mensual proveniente del W y del NW tiende, de igual manera, a un comportamiento similar a lo largo del año. Durante invierno y primavera (periodo comprendido entre diciembre y junio) el viento da lugar a una frecuencia mensual de 7,0 % en promedio con velocidades de hasta 3,7 m/s, mientras que en verano y otoño su presencia tiende a disminuir gradualmente hasta una frecuencia mensual 2,9 % y velocidades no mayores a 2,6 m/s.

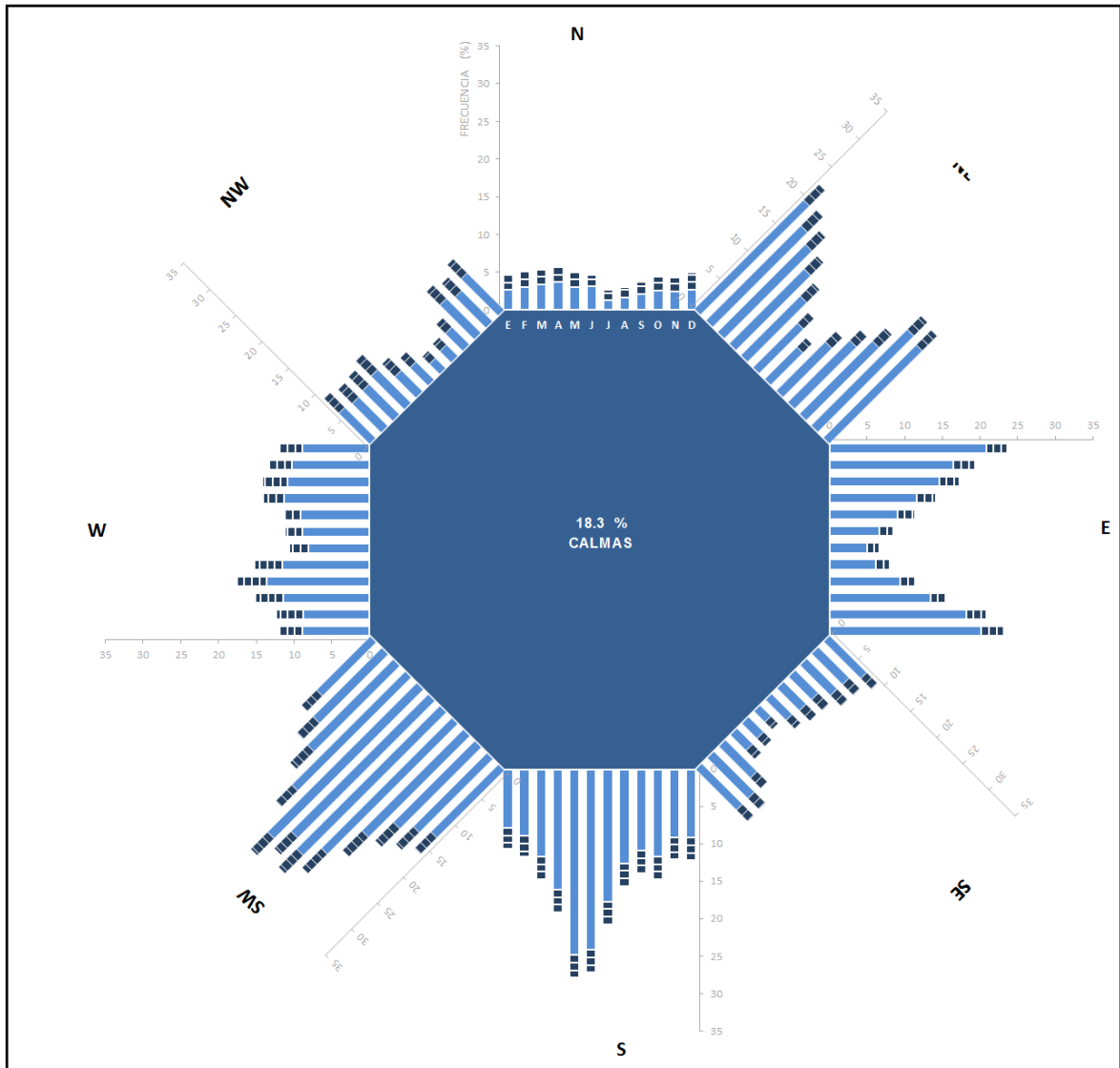


Figura 10. Rosa de los Vientos Octogonal. Comportamiento mensual del viento presentado por rumbo a partir de la frecuencia y velocidad (Gráfico elaborado con datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

De esta manera, es posible definir que en el rango SW-W se presenta la mayor cantidad de frecuencias al año. Durante el periodo de mayo a septiembre, la presencia del viento da lugar hasta 28,7 % de frecuencias por el SW; asimismo, durante julio y agosto se intensifica por el S con frecuencias hasta de 24,9 %, durante el periodo de noviembre a enero por el E con frecuencias de hasta 20,8 % y durante el periodo de noviembre a febrero por el NE con frecuencias hasta de 19,6 % (Tabla 8).

Técnicamente a los vientos dominantes que, además son los reinantes —al presentarse con velocidades promedio de hasta 3,4 m/s—, se les puede considerar con potencial

medio para su aprovechamiento como fuente renovable de energía, puesto que en su totalidad representan el 33,1 % de frecuencias al año —equivalente a 121 días—.

Al analizar las rosas de viento mensuales (Figura 11 y Figura 12) se puede apreciar la amplia variedad de direcciones e intensidades en que se presenta el viento, en promedio, a lo largo del año; por ejemplo, en:

1. Enero: Los vientos dominantes provienen principalmente del E—con un una frecuencia mensual de 20,8 %—, aunque existe la posibilidad de que el rango en donde éstos se originan se amplíe NE-E—con una frecuencia total mensual de 40,4 %—. El resto de frecuencias, según la dirección, se ponderan por debajo del 10,0 %, excepto por las del SW que se presentan con 13,1 puntos porcentuales; asimismo, la cantidad de calmas obedece un margen de 12,7 % del total de frecuencias. Los vientos reinantes tienen origen en el W con una velocidad promedio de 3,2 m/s, mientras que la promedio en el resto de direcciones es de 2,7 m/s (Figura 11).
2. Febrero: Los vientos dominantes provienen principalmente del NE —con un una frecuencia mensual de 17,1 %—, aunque existe la posibilidad de que el rango en donde éstos se originan se amplíe N-NE —con una frecuencia total mensual de 33,6 %—. El resto de frecuencias, según la dirección, se ponderan por debajo del 10,0 %, excepto por las del SW que se presentan 14,2 puntos porcentuales; asimismo, la cantidad de calmas obedece un margen de 19,7 % del total de frecuencias. Los vientos reinantes tienen origen en el W con una velocidad promedio de 3,5 m/s, mientras que la promedio en el resto de direcciones es de 2,8 m/s (Figura 11).
3. Marzo: Los vientos dominantes provienen principalmente del SW —con un una frecuencia mensual de 15,8 %—, aunque existe la posibilidad de que el rango en donde éstos se originan se amplíe NE-SW —con una frecuencia total mensual de 31,5 %—. El resto de frecuencias, según la dirección, se ponderan por debajo del 10,0 %, excepto por las del rango E-S-W que en conjunto representan el 37,7 % del total; asimismo, la cantidad de calmas obedece un margen de 15,8 puntos porcentuales. Los vientos reinantes tienen origen en el W con una velocidad promedio de 3,7 m/s, mientras que la promedio en el resto de direcciones es de 2,8 m/s (Figura 11).

4. Abril: Los vientos dominantes provienen principalmente del SW —con un una frecuencia mensual de 19,5 %—. El resto de frecuencias, según la dirección, se ponderan por debajo del 10,0 %, excepto por las del NE-E-S-W que se presentan 49,5 puntos porcentuales; asimismo, la cantidad de calmas obedece un margen de 16,4 % del total de frecuencias. Los vientos reinantes tienen origen en el W con una velocidad promedio de 4,1m/s, mientras que la promedio en el resto de direcciones es de 2,9 m/s (Figura 11).
5. Mayo: Los vientos dominantes provienen principalmente del SW —con un una frecuencia mensual de 25,1 %— l resto de frecuencias, según la dirección, se ponderan por debajo del 10,0%, excepto por las del NE-S-W que se presentan 34,9 puntos porcentuales; asimismo, la cantidad de calmas obedece un margen de 19,6 % del total de frecuencias. Los vientos reinantes tienen origen en el SW con una velocidad promedio de 3,7 m/s, mientras que la promedio en el resto de direcciones es de 2,7 m/s (Figura 11).
6. Junio: Los vientos dominantes provienen principalmente del SW —con un una frecuencia mensual de 27,6 %—. El resto de frecuencias, según la dirección, se ponderan por debajo del 10,0%, excepto por las del S que presentan 17,7 puntos porcentuales; asimismo, la cantidad de calmas obedece un margen de 21,2 % del total de éstas. Los vientos reinantes tienen origen en el SW con una velocidad promedio de 3,5 m/s, mientras que la promedio en el resto de direcciones es de 2,2 m/s (Figura 11).
7. Julio: Los vientos dominantes provienen principalmente del SW —con un una frecuencia mensual de 26,3 %—, aunque existe la posibilidad de que el rango en donde éstos se originan se amplíe S-SW —con una frecuencia total mensual de 50,5 %—. El resto de frecuencias, según la dirección, se ponderan por debajo del 10,0 %; asimismo, la cantidad de calmas obedece un margen de 24,4 % del total de frecuencias. Los vientos reinantes tienen origen en el SW con una velocidad promedio de 3,3 m/s, mientras que la promedio en el resto de direcciones es de 2,0 m/s (Figura 12).
8. Agosto: Los vientos dominantes provienen principalmente del SW —con un una frecuencia mensual de 28,7 %—, aunque existe la posibilidad de que el rango en donde éstos se originan se amplíe S-SW —con una frecuencia total mensual de 53,6 %—. El resto de frecuencias, según la dirección, se ponderan por debajo del 10,0 %; asimismo, la cantidad de calmas obedece un margen de 15,4 % del total de

frecuencias. Los vientos reinantes tienen origen en el SW con una velocidad promedio de 3,3 m/s, mientras que la promedio en el resto de direcciones es de 2,0 m/s (Figura 12).

9. Septiembre: Los vientos dominantes provienen principalmente del SW —con una frecuencia mensual de 21,8 %—, no obstante, por el significativo valor porcentual de las frecuencias del S (16,1 %) el rango S-SW puede considerarse como el dominante para este periodo —con una frecuencia total mensual de 37,9 %—. El resto de frecuencias, según la dirección, se ponderan por debajo del 10,0 % excepto por las del NE-W que se presentan 22,5 puntos porcentuales; asimismo, la cantidad de calmas obedece un margen de 21,5 % del total de frecuencias. Los vientos reinantes tienen origen en el SW con una velocidad promedio de 3,2 m/s, mientras que la promedio en el resto de direcciones es de 2,2 m/s (Figura 12).
10. Octubre: Los vientos dominantes provienen principalmente del SW —con una frecuencia mensual de 16,5 %—, no obstante, por el significativo valor porcentual de las frecuencias del E (11,7 %) el rango E-SW puede considerarse como el dominante para este periodo —con una frecuencia total mensual de 28,2 %—. El resto de frecuencias, según la dirección, se ponderan por debajo del 10,0%, excepto por las del NE-S-W que se presentan 35,6 puntos porcentuales; asimismo, la cantidad de calmas obedece un margen de 19,2 % del total de frecuencias. Los vientos reinantes tienen origen en el SW con una velocidad promedio de 3,4 m/s, mientras que la promedio en el resto de direcciones es de 2,6 m/s (Figura 12).
11. Noviembre: Los vientos dominantes provienen principalmente del E —con una frecuencia mensual de 18,2 %—, aunque existe la posibilidad de que el rango en donde éstos se originan se amplíe NE-E —con una frecuencia total mensual de 35,4 %—. El resto de frecuencias, según la dirección, se ponderan por debajo del 10,0 % excepto por las del SW-W que se presentan 23,5 puntos porcentuales; asimismo, la cantidad de calmas obedece un margen de 15,9 % del total de frecuencias. Los vientos reinantes tienen origen en el W con una velocidad promedio de 3,3 m/s, mientras que la promedio en el resto de direcciones es de 2,6 m/s (Figura 12).
12. Diciembre: Los vientos dominantes provienen principalmente del E —con una frecuencia mensual de 20,2 %—, aunque existe la posibilidad de que el rango en donde éstos se originan se amplíe NE-E —con una frecuencia total mensual de 36,9 %—. El resto de frecuencias, según la dirección, se ponderan por debajo del 10,0 %, excepto por las del SW que se presentan 10,4 puntos porcentuales;

asimismo, la cantidad de calmas obedece un margen de 18,3 % del total de frecuencias. Los vientos reinantes tienen origen en el W con una velocidad promedio de 3,1 m/s, mientras que la promedio en el resto de direcciones es de 2,7 m/s (Figura 12).

Con lo anterior, se observa que en la mayoría de los meses la orientación dominante donde se originan los vientos es el SW —con un rango de amplitud S-SW— con velocidades máximas que oscilan entre los 3,1 m/s y los 4,1 m/s, en promedio.

De acuerdo con Evans (2007), las velocidades de viento superiores a 1,0 m/s se consideran indeseables para interiores, mientras que las inferiores a este valor pueden generar condiciones de confort —con extremos probables que podrían atenderse a partir de un posible rango de amplitud—.

La velocidad media del viento (promedio anual) para la ciudad de Ensenada es de 2,5 m/s; que, de acuerdo con la escala de Beaufort, esta velocidad clasifica al viento como *flojito*. Según la orientación que se analice específicamente, esta cifra oscila entre 1,8 m/s y 3,4 m/s; de esta manera, de acuerdo con la Figura 13, en el:

- N: La velocidad promedio del viento es de 1,8 m/s, 0,8 m/s por encima de la aceptable para interiores.
- NE: La velocidad promedio del viento es de 2,3m/s, 1,3 m/s por encima de la aceptable para interiores.
- E: La velocidad promedio del viento es de 2,4m/s, 1,4 m/s por encima de la aceptable para interiores.
- SE: La velocidad promedio del viento es de 1,9 m/s, 0,9 m/s por encima de la aceptable para interiores.
- S: La velocidad promedio del viento es de 3,0 m/s, 2,0 m/s por encima de la aceptable para interiores.
- SW: La velocidad promedio del viento es de 3,4 m/s, 2,4 m/s por encima de la aceptable para interiores.
- W: La velocidad promedio del viento es de 3,1 m/s, 2,1 m/s por encima de la aceptable para interiores.
- NW: La velocidad promedio del viento es de 2,3 m/s, 1,3 m/s por encima de la aceptable para interiores.

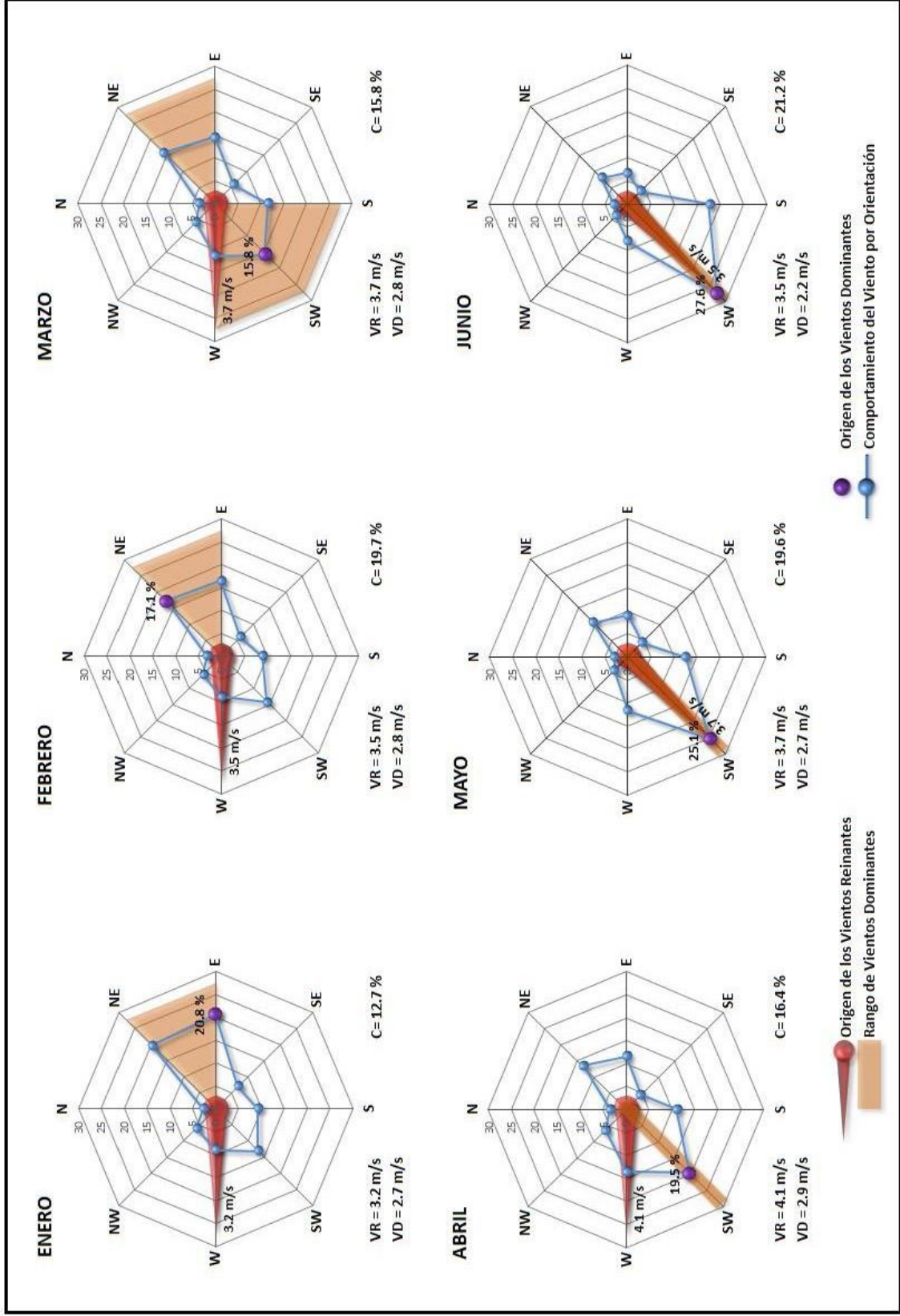


Figura 11. Rosas mensuales de viento (de Enero a Junio, primer semestre) que representan el comportamiento del viento a partir de su frecuencia, procedencia e intensidad (Gráficos elaborados a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

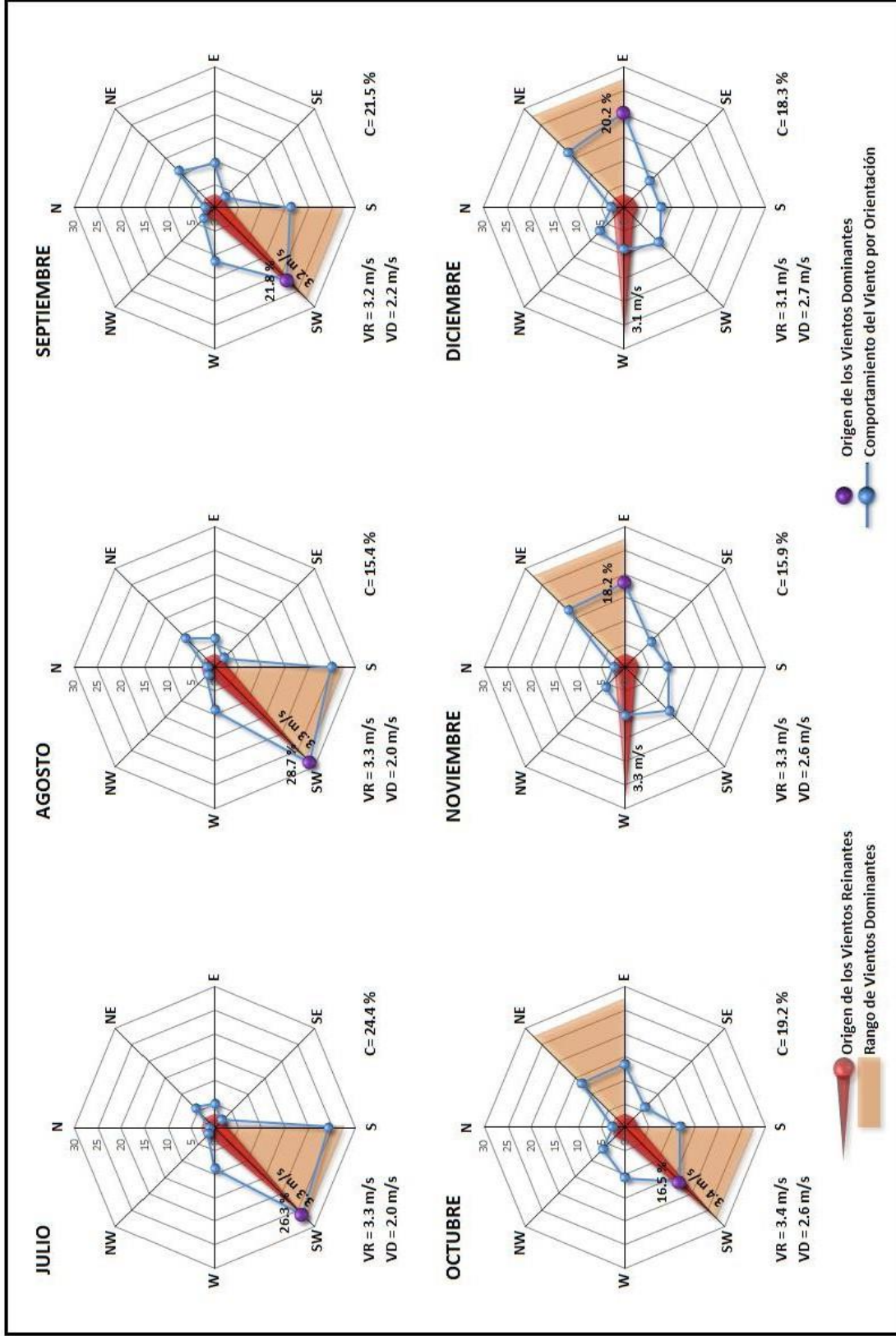


Figura 12. Rosas mensuales de viento (de Julio a Diciembre, segundo semestre) que representan el comportamiento del viento a partir de su frecuencia, procedencia e intensidad (Gráficos elaborados a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

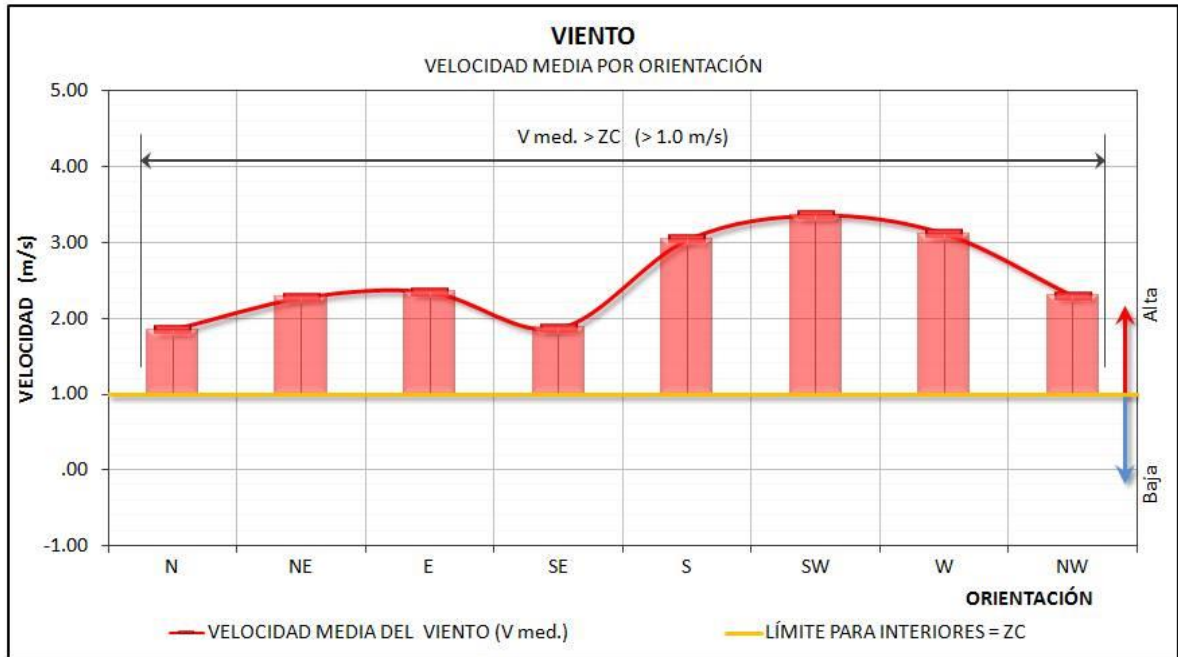


Figura 13. Velocidad media del viento por orientación respecto a la velocidad recomendada por Evans (2007) para ventilar interiores: 1,0 m/s (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

Evidentemente, la velocidad del viento —por cualquiera de las orientaciones donde se origine— rebasa por mucho a la velocidad aceptada para interiores; por ello, de considerar a la ventilación una alternativa como estrategia de diseño bioclimático, ésta deberá controlarse a partir de dispositivos o elementos que ofrezcan su desaceleración a por lo menos 1,0 m/s, con el propósito de conseguir condiciones aceptables de confort en interiores.

Así, se puede concluir que, en promedio, el SW es la cuna de origen tanto de los vientos dominantes como de los reinantes, de acuerdo con la Tabla 8, la Figura 11 y la Figura 12. Asimismo, la Figura 14 relaciona las velocidades mensuales media y máxima del viento con relación a la recomendada por Evans (2007) para interiores. De esta manera, es posible determinar que la actividad eólica a lo largo del año presenta velocidades medias por encima de 1,0 m/s —con valores que oscilan entre 2,0 m/s (en julio y agosto) y 2,9 m/s (en abril)—, mismo caso para los vientos reinantes que dan lugar a velocidades que multiplican a la recomendada para interiores —con valores que oscilan entre 3,1 m/s (en diciembre) y 4,1 m/s (en abril) con dirección W, en ambos casos—. Lo anterior indica que la entrada del viento a los espacios arquitectónicos debe controlarse durante todo el año sin excepción.

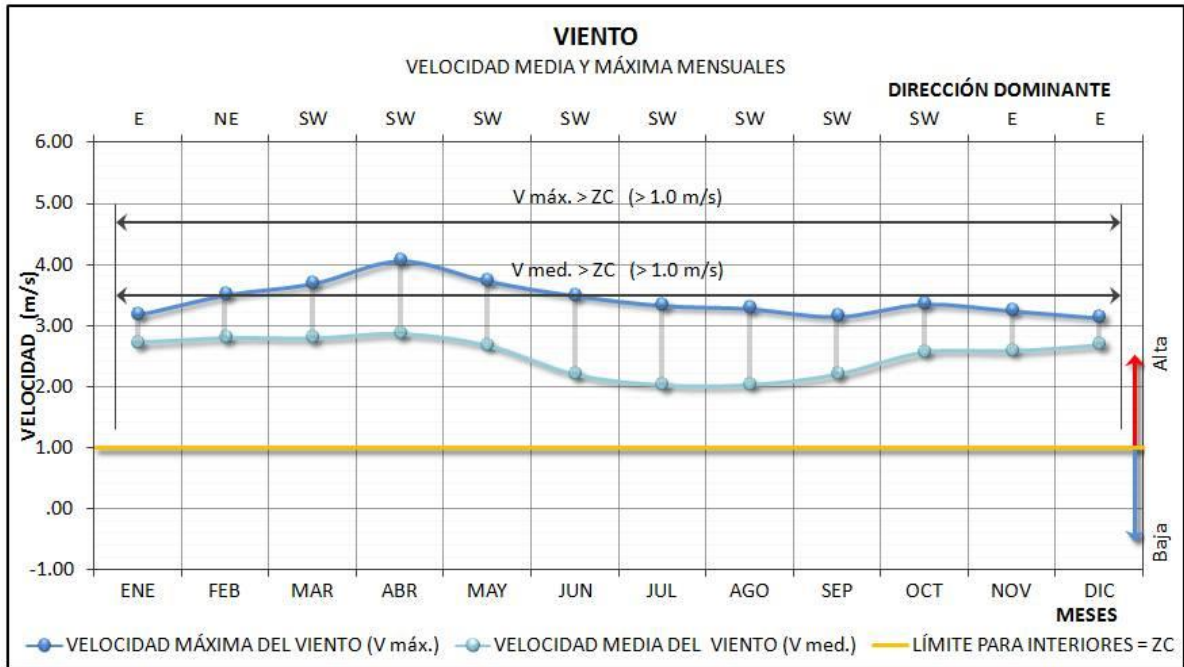


Figura 14. Velocidades mensuales de viento (media y máxima) respecto a la velocidad recomendada por Evans (2007) para ventilar interiores: 1,0 m/s (Gráfico a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio).

4.2.7. Días Grado

Los Días Grado (DG) se pueden definir como los requerimientos de calentamiento o enfriamiento —acumulados en un cierto periodo de tiempo— necesarios para lograr condiciones apropiadas de confort térmico. El cálculo de los DG se puede hacer con respecto a una ZC general (18,0 °C–26,0 °C), o bien, con base en la ZC anual (20,5 °C - 25,5 °C) o mensual del sitio en estudio (Fuentes, 2004). En este estudio se ha trabajado con la ZC mensual local.

Como se aprecia en la gráfica siguiente (Figura 15), a lo largo de todo el año se presentan requerimientos de calentamiento, con especial atención durante los meses comprendidos entre diciembre y enero, donde las exigencias mensuales superan los 325,0 DG. Sin embargo, la gráfica también demuestra que los requerimientos de enfriamiento son nulos para cada mes, lo anterior responde al predominio de las bajas temperaturas a lo largo del año en la ciudad de análisis.

De manera similar con el comportamiento mensual de las temperaturas, parte de la mitad caliente del año (junio a septiembre) demanda menores requerimientos de calentamiento,

éstos oscilan entre los 104,3 DG y 157,3 DG; asimismo, la minoría fría (diciembre y enero) demanda requerimientos entre los 327,6 DG y 328,2 DG.

Enero es el periodo en que mayor necesidad de calentamiento se percibe (328,2 DG) en virtud de que en éste se presentan las temperaturas máxima promedio, media y mínima promedio siguientes: 19,7 °C, 14,3 °C y 8,9 °C, respectivamente; en contraste, agosto es el periodo en el que los requerimientos de calentamiento merman (104,3 DG), en virtud de que en éste se presentan las temperaturas máxima promedio, media y mínima promedio siguientes: 24,6 °C, 21,5 °C y 18,4 °C, respectivamente.

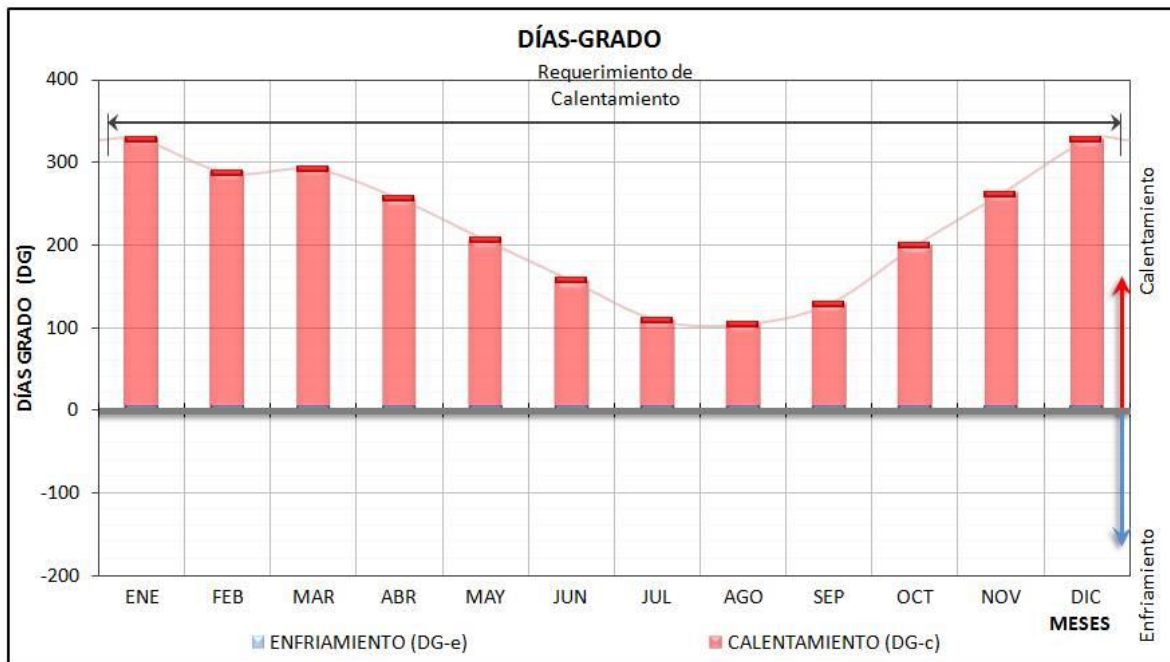


Figura 15. Requerimientos mensuales de enfriamiento y/o calentamiento a lo largo del año (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

4.3. Análisis bioclimático

Adicionalmente al análisis climático descrito en el subcapítulo anterior, se realizó el análisis bioclimático para las condiciones de la ciudad de Ensenada, con el fin de estimar mensualmente, de acuerdo con cada una de las herramientas bioclimáticas consideradas, los requerimientos térmicos y bioclimáticos necesarios para alcanzar las condiciones de confort térmico a lo largo del año. Para ello, paralelamente al uso de algunos modelos bioclimáticos para interiores, se utilizaron algunos modelos bioclimáticos para exteriores, con el fin de crear un referente entre los resultados de ambos y obtener un panorama general de los requerimientos térmicos necesarios en el sitio analizado. De esta manera,

el análisis bioclimático fue producto del empleo y el estudio de las siguientes herramientas bioclimáticas: tablas de Mahoney, triángulos de confort, diagrama bioclimático, diagrama psicrométrico, nomograma de temperatura efectiva corregida, gráfica estereográfica y matriz de climatización, principalmente.

En términos generales, se logró concluir que la estrategia bioclimática en común —entre todas las herramientas de diseño bioclimático utilizadas—, fue la ganancia térmica a partir del aprovechamiento de la radiación solar, por lo que la adecuada orientación respecto al eje térmico es la clave de diseño en este tipo de bioclimas (templado-seco).

4.3.1. Tablas de Mahoney

Los índices de Mahoney analizan de manera integral la temperatura de bulbo seco, la humedad relativa y la precipitación pluvial a partir de sus propios rangos de confort. De acuerdo a los indicadores de Mahoney (Tabla 9), se recomienda para la ciudad de Ensenada (bioclima templado seco) las siguientes estrategias:

- **Distribución:** Con el objeto de aprovechar la máxima radiación solar a lo largo del año, conviene que la orientación del volumen sea Norte-Sur (eje largo Este-Oeste).
- **Espaciamiento:** Para evitar infiltraciones y promover un control sobre la estratificación térmica en interiores es conveniente que la configuración del volumen sea compacta.
- **Ventilación:** Con el propósito de promover una ventilación cruzada, se sugiere que los locales se diseñen a doble galería. Bajo condiciones higrotérmicas ofrecidas por este bioclima en particular, la ventilación deberá mantener un carácter de temporalidad limitada con el único propósito de ofrecer eventualmente renovación de aire en interiores y, no así, para corregir la sensación térmica percibida.
- **Tamaño de las aberturas:** Con relación al primero y al último de los puntos anteriores, el tamaño de los vanos no deberá exceder el rango comprendido entre el 30 % y el 50 % de la superficie de las fachadas (aberturas medianas), con el objeto de promover un control eficiente del ingreso de radiación solar y ventilación en interiores.

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA
TABLAS DE MAHONEY

INDICADORES	1	2	3	4	5	6		No.	RECOMENDACIONES
NÚM. INDICADORES	0	9	0	2	0	1			
DISTRIBUCIÓN							X	1	Orientación Norte-Sur, eje largo Este-Oeste
								2	
ESPACIAMIENTO								3	
							X	5	Configuración compacta
VENTILACIÓN								6	
							X	7	Locales de doble galería. Ventilación Temporal
TAMAÑO DE ABERTURAS								9	
							X	10	Medianas (30% - 50%)
POSICIÓN DE ABERTURAS								11	
							X	15	En muros N y S, a la altura de los ocupantes en barlovento. Aberturas en muros int.
PROTECCIÓN DE ABERTURAS							X	16	Sombreado total y permanente
								17	
MUROS Y PISOS							X	18	Ligeros (baja capacidad térmica)
								19	
TECHUMBRE								20	
							X	21	Ligera y bien aislada
ESPACIOS NOCTURNOS EXT.								22	
								23	
								24	

Tabla 9. Recomendaciones bioclimáticas sugeridas por los indicadores y las tablas de Mahoney (Tabla elaborada a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

- **Posición de las aberturas:** De acuerdo con los indicadores de Mahoney, es conveniente ubicar los vanos exteriores en muros orientados al N y al S, a la altura de los ocupantes en barlovento. Asimismo, es recomendable la ubicación de ciertas aberturas en muros interiores que permitan el flujo controlado de ventilación y estratificación térmica.
- **Protección de las aberturas:** Sombreado total y permanente durante las tardes de verano, donde las temperaturas, por sí solas, ofrecen condiciones ideales de confort.
- **Muros y pisos:** Deberán ser ligeros (con baja capacidad térmica) con el objeto de evitar la permeación constante de viento.
- **Techumbres:** Al igual que la recomendación anterior, las cubiertas deberán ser ligeras y aisladas para evitar pérdidas de calor.

4.3.2. Triángulos de confort

Los triángulos de confort relacionan la temperatura media de bulbo seco con la oscilación térmica. Son la única herramienta gráfica que considera la oscilación térmica del ambiente durante el día, por lo que permite considerar la inercia térmica de los materiales (amortiguamiento y retardo térmico) como estrategia de diseño.

De acuerdo con esta herramienta bioclimática (Figura 16), las temperaturas en la ciudad de Ensenada presentan condiciones térmicas de confort durante todo el año. De diciembre a febrero se da lugar a condiciones propicias para desempeñar actividades en circulaciones exteriores; asimismo, durante los periodos marzo-julio y septiembre-noviembre, las temperaturas ofrecen condiciones de confort para actividades desarrolladas en espacios proyectados para circulación interior; por último durante agosto las condiciones térmicas dan lugar para el desarrollo de actividades sedentarias.

Con base en la Figura 17, las principales estrategias de diseño para resolver los requerimientos presentados de mayo-julio y septiembre-octubre, son las ganancias internas. Es importante señalar que la estrategia sugerida para el periodo de noviembre a abril es la ganancia solar, por lo que de acuerdo con la incidencia de la radiación solar para el mismo periodo se cuenta con el recurso necesario para cubrir esa demanda. Por último agosto es el único mes que refleja condiciones de confort térmico sin la necesidad de acondicionamiento alguno.

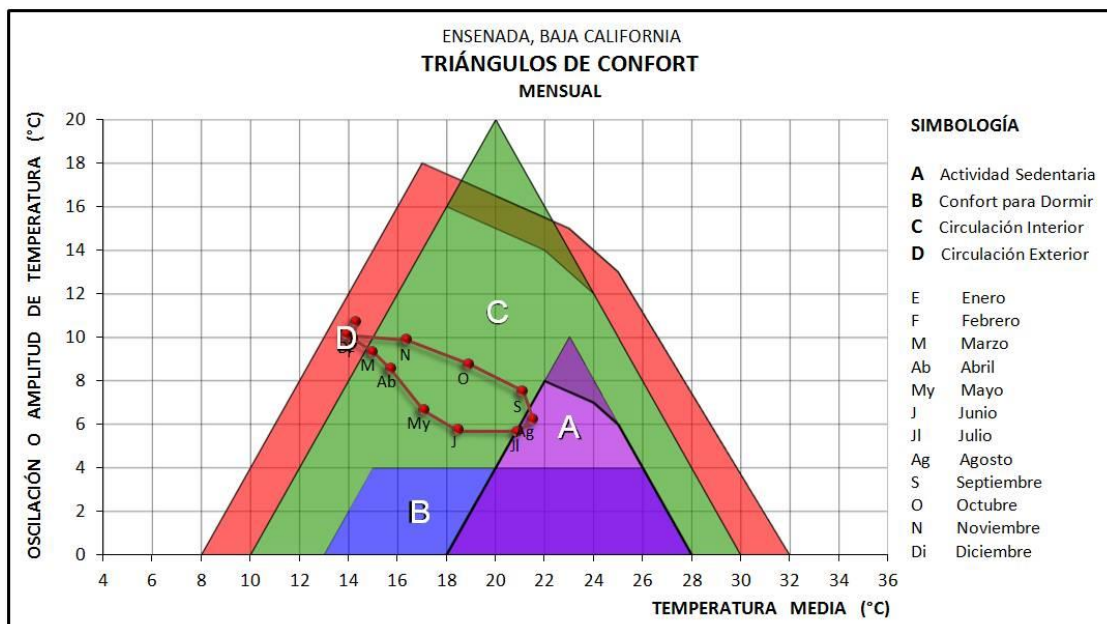


Figura 16. Triángulos de Confort (Evans, 2000), muestran cuatro ZC y las actividades mensuales que se pueden desarrollar según las condiciones térmicas.

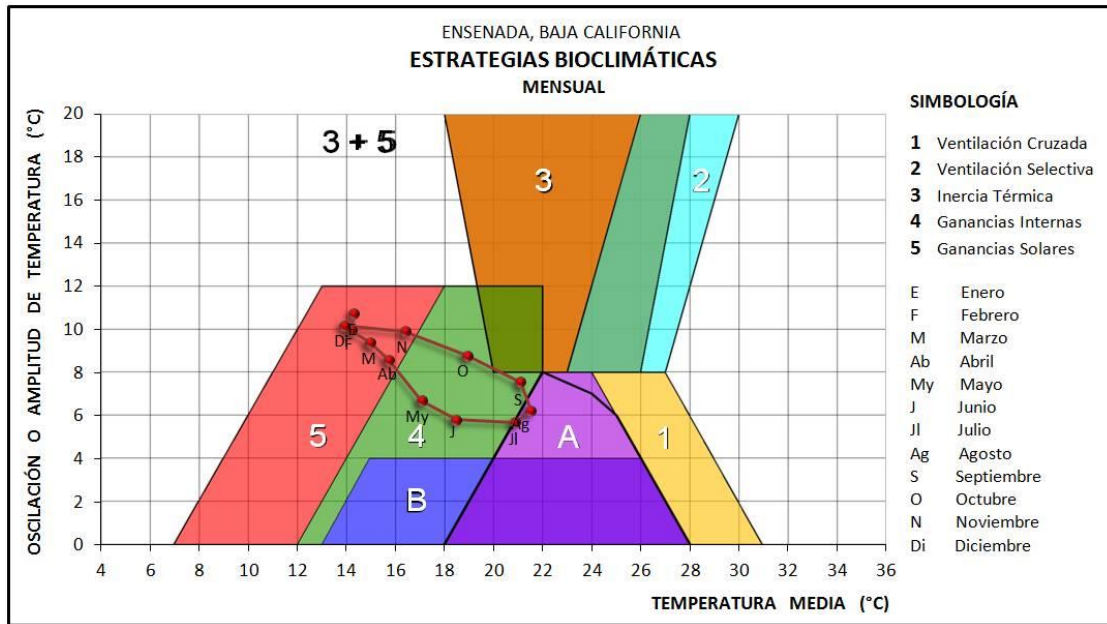


Figura 17. Triángulos de Confort de John Martin Evans (2000). Recomendaciones bioclimáticas pasivas resultantes de graficar conjuntamente la temperatura media y la oscilación térmica, ambas mensuales (Gráfica elaborada a partir de datos climáticos procesados).

4.3.3. Diagrama bioclimático

El diagrama bioclimático permite graficar la temperatura de bulbo seco —máxima y mínima— contra la humedad relativa —mínima y máxima, respectivamente— con el objeto de mostrar los requerimientos bioclimáticos mensuales necesarios para conseguir condiciones de confort higrotérmico durante el transcurso del día.

Para la ciudad de Ensenada, el diagrama bioclimático (Figura 18) muestra que las condiciones mensuales de temperatura y de humedad relativa percibidas durante las tardes (15 h 00, horario solar) de mayo, junio, octubre y noviembre cuentan con los niveles de aceptación necesarios para ofrecer un rango de confort higrotérmico deseado. Aunque, es de destacar que las condiciones térmicas e higras —durante las tardes— de diciembre a abril y de julio a septiembre se muestran fuera de la zona de confort, lo que indica la necesidad de requerimientos de calentamiento para este periodo, que bien podrían ser cubiertos por el empleo de vestimenta:

En contraste, las condiciones de temperatura y de humedad relativa por las noches, madrugadas y mañanas de todo el año aparecen fuera de la zona de confort, lo que revela claramente requerimientos de calentamiento que, según este diagrama, podrían cubrirse sin problema alguno hasta con $210,0 \text{ W/m}^2$ ($1,3 \text{ MJ/m}^2$) de radiación solar para la

mitad caliente del año (de mayo a octubre) y hasta con $420,0 \text{ W/m}^2$ ($2,7 \text{ MJ/m}^2$) para la mitad fría del año (de noviembre a abril). Lo anterior resulta posible ya que la radiación directa de marzo a noviembre se presenta con promedios mensuales cercanos a los $740,0 \text{ W/m}^2$ ($2,7 \text{ MJ/m}^2$) —promedios que oscilan entre los $616,8 \text{ W/m}^2$ ($2,2 \text{ MJ/m}^2$) en noviembre y $805,8 \text{ W/m}^2$ ($2,9 \text{ MJ/m}^2$) en mayo—, mientras que la de diciembre a octubre da lugar a promedios mensuales cercanos a los $610,0 \text{ W/m}^2$ ($2,2 \text{ MJ/m}^2$) —promedios que oscilan entre los $533,3 \text{ W/m}^2$ ($1,9 \text{ MJ/m}^2$) en enero y $608,4 \text{ W/m}^2$ ($2,2 \text{ MJ/m}^2$) en febrero— (ver *Radiación Solar*, pág. 46).

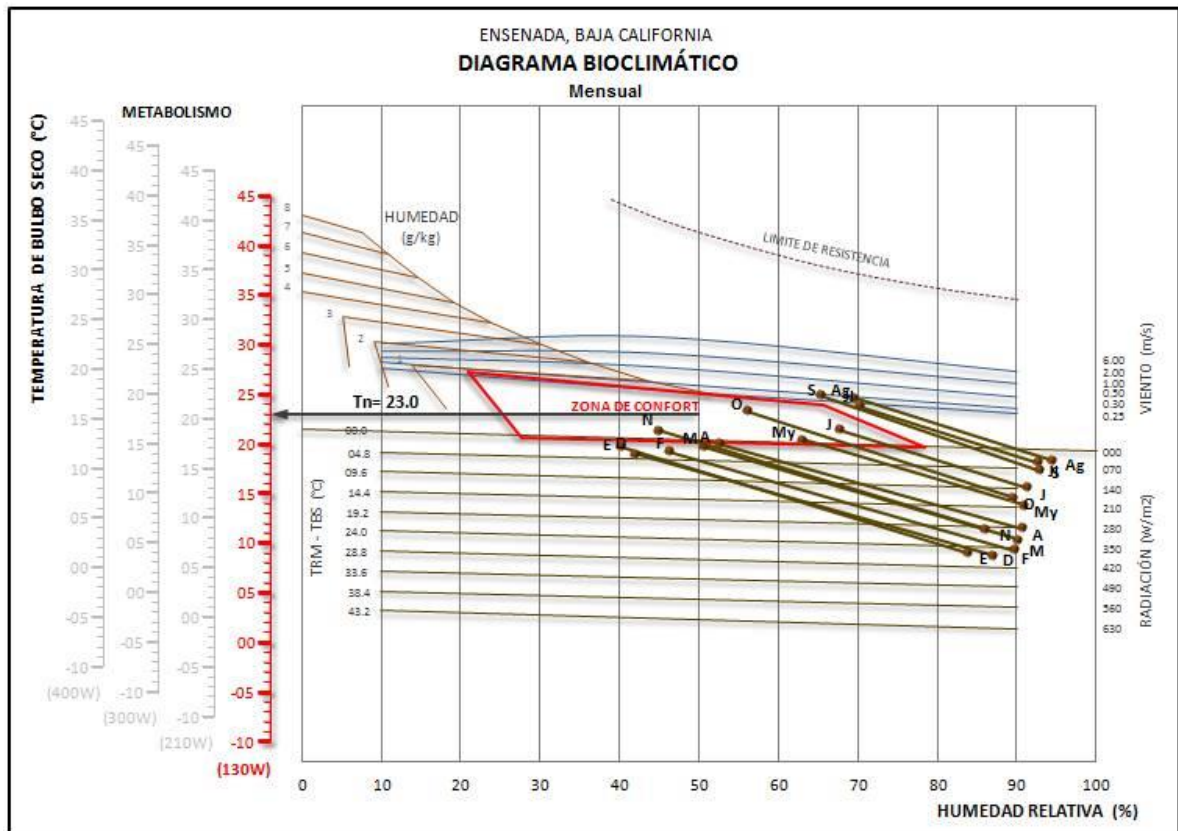


Figura 18. Diagrama Bioclimático para la ciudad de Ensenada. Este diagrama originalmente fue desarrollado por los hermanos Olgay y posteriormente fue adaptado por el Dr. Steven Szokolay (Gráfica elaborada a partir de datos climáticos procesados del sitio en estudio).

4.3.4. Diagrama psicrométrico

El diagrama psicrométrico muestra todas las variables del aire húmedo, incluyendo las temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo, las humedades relativa y absoluta, y la entalpía, entre otras.

De acuerdo con el diagrama psicrométrico para la ciudad de Ensenada (Figura 19), todos los meses se está fuera de confort durante las mañanas, y el periodo de Diciembre a Abril se encuentra fuera de confort todo el día. El periodo de abril a octubre, según el diagrama, podría equilibrarse a partir de la implementación de técnicas que aprovechen los recursos ofrecidos por el calentamiento solar pasivo, mientras que los requerimientos de noviembre a marzo podrían ser cubiertos con calentamiento solar activo. Si bien es cierto que los requerimientos de calentamiento durante todo el año podrían atenderse a partir de técnicas pasivas de aprovechamiento solar, posiblemente durante diciembre y enero (meses fríos) estos requerimientos demanden complemento de otras técnicas pasivas —ya que durante este periodo la incidencia solar merma con relación a la presentada durante primavera y verano— que, de forma conjunta, contribuyan a conseguir condiciones higrotérmicas de confort (mayor arropamiento; aprovechamiento de la temperatura radiante emitida por equipos, aparatos electrodomésticos o luminarias, entre otros, al interior de los espacios; incremento en la actividad metabólica de las personas; o, en el último de los casos, con el empleo de sistemas mecánicos de calefacción).

En el otro extremo, el diagrama bioclimático muestra que las tardes del año, del periodo de mayo a junio, así como octubre y noviembre, se presentan condiciones aceptables de temperatura y de humedad relativa a partir de las cuales se puede conseguir entrar en confort higrotérmico. En el caso particular de julio, agosto y septiembre, se sugiere hacer uso de la masa térmica en verano para corregir las diferencias e infiltraciones térmicas entre exterior-interior con el objeto de conseguir las condiciones diurnas deseadas; o, en su defecto, según el diagrama de Givoni, existe la posibilidad de hacer uso de zonas de enfriamiento evaporativo indirecto solo en el mes de septiembre para corregir los requerimientos que este mes en particular, demanda. De igual manera, se sugiere el uso de masa térmica en invierno para el periodo de diciembre a abril, así como zonas de calentamiento solar pasivo durante las mañanas de todo el año.

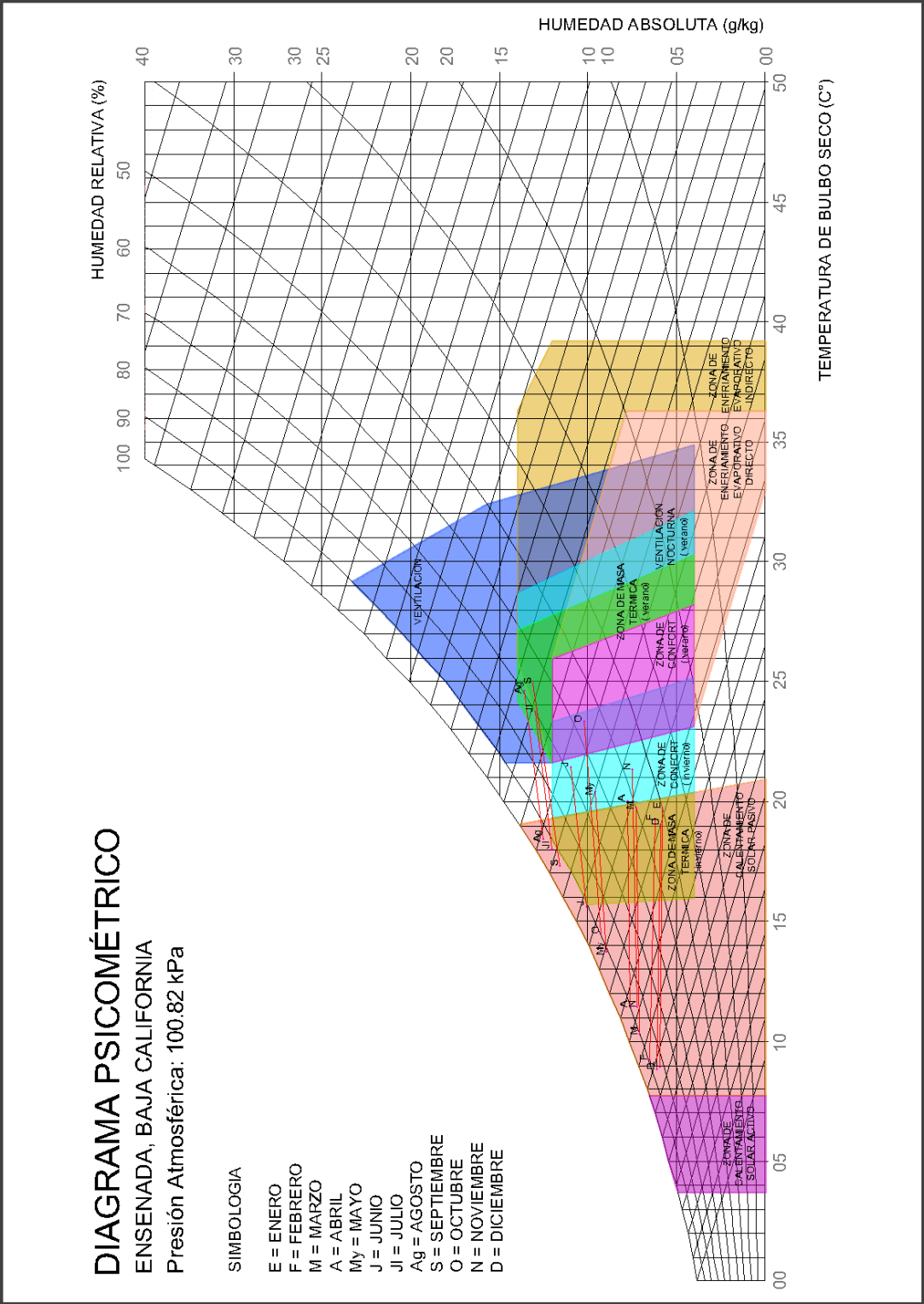


Figura 19. Diagrama Psicrométrico de Baruch Givoni. Permite graficar la temperatura de bulbo seco —máxima y mínima— contra la humedad relativa —mínima y máxima, respectivamente—, arrojando estrategias bioclimáticas por mes con el objeto de conseguir una ZC durante el transcurso del día (Gráfica elaborada a partir de datos climáticos procesados del sitio en estudio).

4.3.5. Nomograma de Temperatura Efectiva Corregida

Este nomograma relaciona la temperatura de bulbo seco con la temperatura de bulbo húmedo con el fin de ofrecer una aparente sensación térmica corregida —inferior a la temperatura de bulbo seco que en ese momento se manifiesta— a partir del efecto que el viento provoca en la piel bajo una determinada velocidad.

En el caso particular de la ciudad de Ensenada con bajas temperaturas por las noches, madrugadas y mañanas de todo el año, así como por las tardes de diciembre y febrero, es poco recomendable hacer uso de esta estrategia con el fin de disminuir la sensación térmica mensual a lo largo del año; no así, si el objetivo se centra sólo en la renovación eventual del aire en interiores. Con la corrección térmica percibida a partir del empleo del viento en este tipo de bioclimas, resulta riesgosa la estabilidad térmica lograda en el transcurso del día y, posiblemente, reaprovechada durante la noche, ya que, de considerar un flujo de viento —al interior de los espacios— con una velocidad controlada de 1,0 m/s (Evans, 2007), la temperatura de agosto (mes cálido, 21,5 °C de T_{med}) se percibiría en 18,0 °C, 3,5 K por debajo de la real; asimismo, la sensación térmica para diciembre (mes frío, 13,9 °C de T_{med}) se apreciaría en 9,9 °C, 4,0 K menos que la efectiva (Tabla 10). En ambos casos (periodo cálido y periodo frío y, por ende, en todo el año), de aplicar erróneamente esta estrategia para corregir la sensación térmica, se lograría una diferencia considerable entre las condiciones térmicas percibidas y las requeridas mensualmente —ya que el límite anual de confort térmico para la ciudad de Ensenada, según la ecuación lineal de Auliciems y Szokolay (1997), se estima entre 20,5 °C y 25,5 °C, valores térmicos por encima de las temperaturas que dan lugar a lo largo del año en el sitio analizado—.

MESES	TBS (media)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)									
		0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
ENERO	14.3	13.4	11.9	10.2	9.0	8.1	6.8	5.9	5.2	4.6	4.1
FEBRERO	14.2	13.4	11.9	10.0	8.9	8.0	6.5	5.6	5.0	4.5	4.0
MARZO	15.0	14.0	12.5	10.9	9.7	8.9	7.6	6.7	6.0	5.3	5.1
ABRIL	15.7	14.8	13.3	11.7	10.5	9.7	8.5	7.5	7.0	6.4	6.1
MAYO	17.1	16.1	14.5	13.3	12.2	11.5	10.1	9.4	8.6	8.2	8.0
JUNIO	18.5	17.3	16.0	14.7	13.7	12.9	12.0	11.0	10.4	10.0	9.7
JULIO	20.9	19.5	18.5	17.4	16.5	15.7	14.8	13.9	13.1	12.9	12.6
AGOSTO	21.5	20.3	19.2	18.0	17.3	16.5	15.5	14.6	14.1	13.7	13.4
SEPTIEMBRE	21.1	19.8	18.8	17.7	16.9	16.1	15.2	14.1	13.7	13.1	12.9
OCTUBRE	18.9	17.8	16.5	15.2	14.4	13.4	12.5	11.5	10.9	10.5	10.1
NOVIEMBRE	16.4	15.5	13.8	12.5	11.4	10.3	9.2	8.4	7.8	7.4	7.0
DICIEMBRE	13.9	13.3	11.5	9.9	8.5	7.7	6.1	5.2	4.5	4.1	3.3

Tabla 10. Sensación térmica corregida a partir del flujo del viento a una determinada velocidad: de 0,1 m/s a 7,0 m/s (Tabla elaborada a partir del Nomograma de Temperatura Efectiva Corregida).

Con lo anterior, se muestra que para el caso particular de la ciudad de Ensenada (bioclima templado seco) se podrá hacer uso de esta estrategia sólo con fines dedicados, exclusivamente, a la renovación del aire viciado al interior de los espacios (con una velocidad promedio de 0,1 m/s).

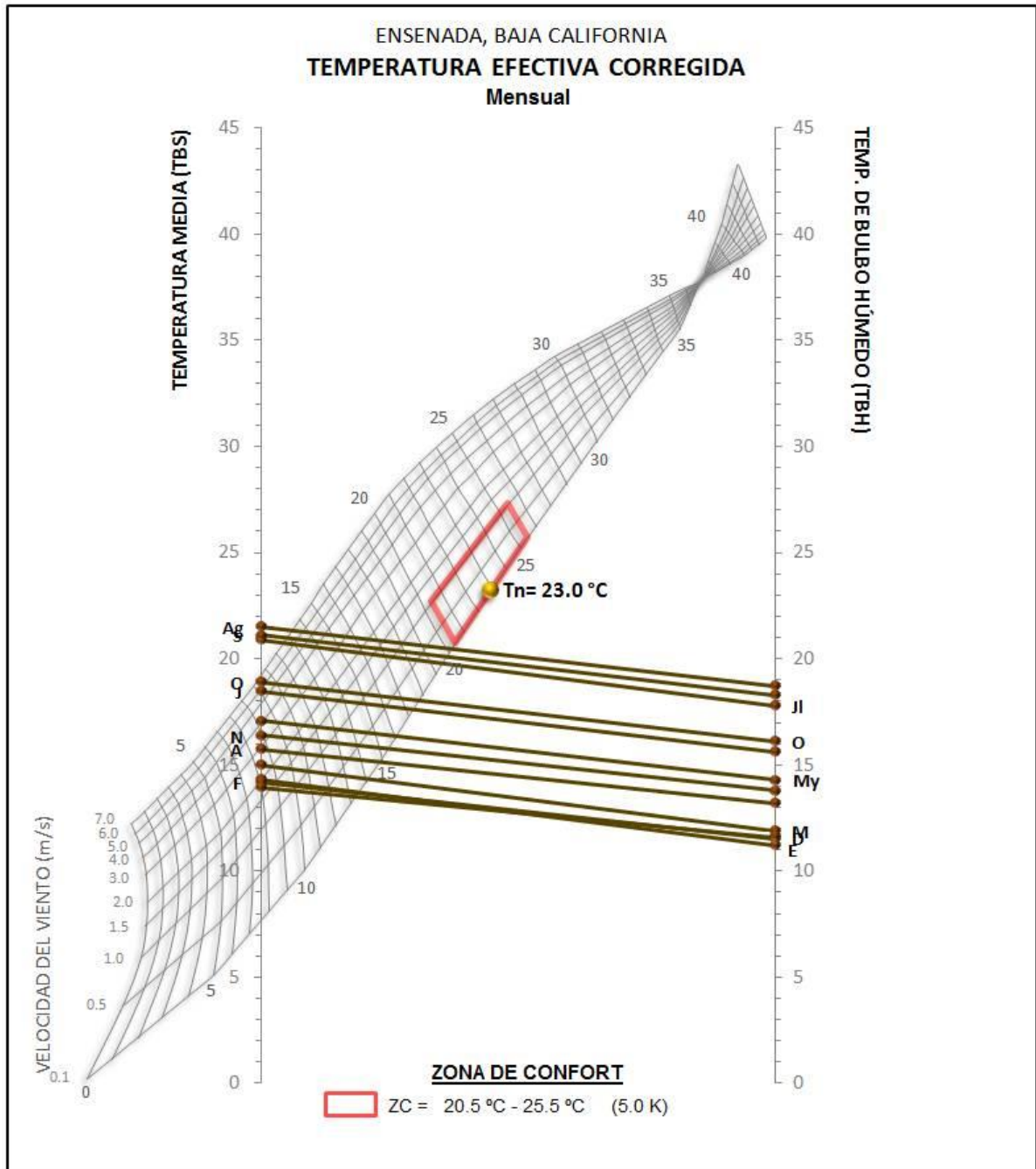


Figura 20. Nomograma de Temperatura Efectiva Corregida de Houghten, Yaglou and Miller. Permite graficar la temperatura de bulbo seco con la temperatura de bulbo húmedo, arrojando una sensación subjetiva térmica a partir de una determinada velocidad del viento (Gráfica elaborada a partir de datos climáticos procesados por la BAT del sitio en estudio).

La Figura 20 muestra el nomograma mensual de la Temperatura Efectiva Corregida (TEC) a lo largo del año, citado sólo como referente, ya que se ha demostrado —con base en los resultados concluidos por esta herramienta bioclimática— que, por las condiciones templadas secas de la ciudad de Ensenada, no es recomendable utilizar el efecto del viento para disminuir la sensación térmica.

Además, en términos generales, se muestra que las tendencias mensuales resultantes de relacionar ambas temperaturas (bulbo seco y bulbo húmedo) distan de formar parte de la zona de confort térmico estimado para la ciudad en estudio ($T_n = 23,0\text{ °C} \rightarrow Z_{Ci} = 20,5\text{ °C}$, $Z_{Cs} = 25,5\text{ °C}$), independientemente de la velocidad de viento controlada que se persiga ingresar en interiores; por ejemplo, entre la relación térmica graficada para agosto y la zona de confort —trazada en el nomograma TEC— existen diferencias de entre 0,2 K y 2,5 K (a partir de velocidades de viento de 0,1 m/s y 1,0 m/s), asimismo, para diciembre, las diferencias oscilan entre 7,2 K y 10,6 K (con la misma velocidad de viento considerada en el ejemplo anterior). Por ende, para el resto de meses, las diferencias variarán en un rango comprendido entre los valores arrojados para el mes cálido (agosto) y el frío (diciembre).

4.3.6. Gráfica solar

La posición del Sol y los ángulos solares están determinados por la latitud del sitio en estudio ($31^\circ 53' 29''$ N), mientras que el horario solar es definido a partir de su longitud ($116^\circ 36' 11''$ W). Con base en la geometría solar del sitio y al movimiento aparente del Sol sobre la bóveda celeste, durante los equinoccios (primavera y otoño: 21 de marzo y 21 de septiembre, respectivamente) el Sol sale a las 06 h 00 por el Este y se oculta a las 18 h 00 por el Oeste (horario solar). En el solsticio de verano (21 de junio) el Sol sale a las 04 h 57 y se oculta a las 19 h 03, mientras que en el solsticio de invierno (21 de diciembre) sale a las 07 h 03 y se oculta a las 16 h 57 (Tabla 11).

ANÁLISIS SOLAR (Día 21 / 12:00 h)

PARÁMETROS	UNIDAD	MESES												ANUAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Día Juliano	21	21	52	80	111	141	172	202	233	266	294	325	355	
Hora	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Ángulo diario	radianes	0.34	0.88	1.36	1.89	2.41	2.94	3.46	3.99	4.56	5.04	5.58	6.09	
Declinación	gr (°)	-20.09	-10.84	0.00	11.58	20.02	23.45	20.64	12.38	0.00	-10.42	-19.76	-23.45	
Altura Solar	gr (°)	38.02	47.26	58.11	69.69	78.13	81.56	78.75	70.49	58.11	47.69	38.35	34.66	
Azimut	gr (°)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Orto	h.m	6.53	6.27	6.00	5.31	5.08	4.57	5.06	5.29	6.00	6.26	6.52	7.03	6.00
Ocaso	h.m	17.07	17.33	18.00	18.29	18.52	19.03	18.54	18.31	18.00	17.34	17.08	16.57	18.00
Duración del día	h.m	10.15	11.05	12.00	12.59	13.45	14.05	13.48	13.03	12.00	11.07	10.17	9.55	12.00

SOL EN EL CENIT

Fecha 1 (antes del solsticio de verano)	dd-mm			
Fecha 2 (después del solsticio de verano)	dd-mm			
Declinación Magnética	gg°mm'ss	4° 59' 60" E		11/08/2017

Tabla 11. Análisis solar del día Juliano analizado mensualmente (Tabla elaborada a partir de datos geográficos procesados por la BAT del sitio en estudio).

De acuerdo con la latitud de Ensenada —superior a 23° 27'—, el Sol no pasa por el cenit en alguna fecha del año. Los ángulos solares (altura solar y acimut) para el día juliano de cada mes, al medio día solar, quedan definidos como a continuación se indica (Figura 21):

- 1) 21 de enero. Altura solar = 38,0° desde el S, ángulo de acimut = 0° desde el S.
- 2) 21 de febrero. Altura solar = 47,3° desde el S, ángulo de acimut = 0° desde el S.
- 3) 21 de marzo. Altura solar = 58,1° desde el S, ángulo de acimut = 0° desde el S.
- 4) 21 de abril. Altura solar = 69,7° desde el S, ángulo de acimut = 0° desde el S.
- 5) 21 de mayo. Altura solar = 78,1° desde el S, ángulo de acimut = 0° desde el S.
- 6) 21 de junio. Altura solar = 81,6° desde el S, ángulo de acimut = 0° desde el S.
- 7) 21 de julio. Altura solar = 78,7° desde el S, ángulo de acimut = 0° desde el S.
- 8) 21 de agosto. Altura solar = 70,5° desde el S, ángulo de acimut = 0° desde el S.
- 9) 21 de septiembre. Altura solar = 58,1° desde el S, ángulo de acimut = 0° desde el S.
- 10) 21 de octubre. Altura solar = 47,7° desde el S, ángulo de acimut = 0° desde el S.
- 11) 21 de noviembre. Altura solar = 38,3° desde el S, ángulo de acimut = 0° desde el S.
- 12) 21 de diciembre. Altura solar = 34,7° desde el S, ángulo de acimut = 0° desde el S.

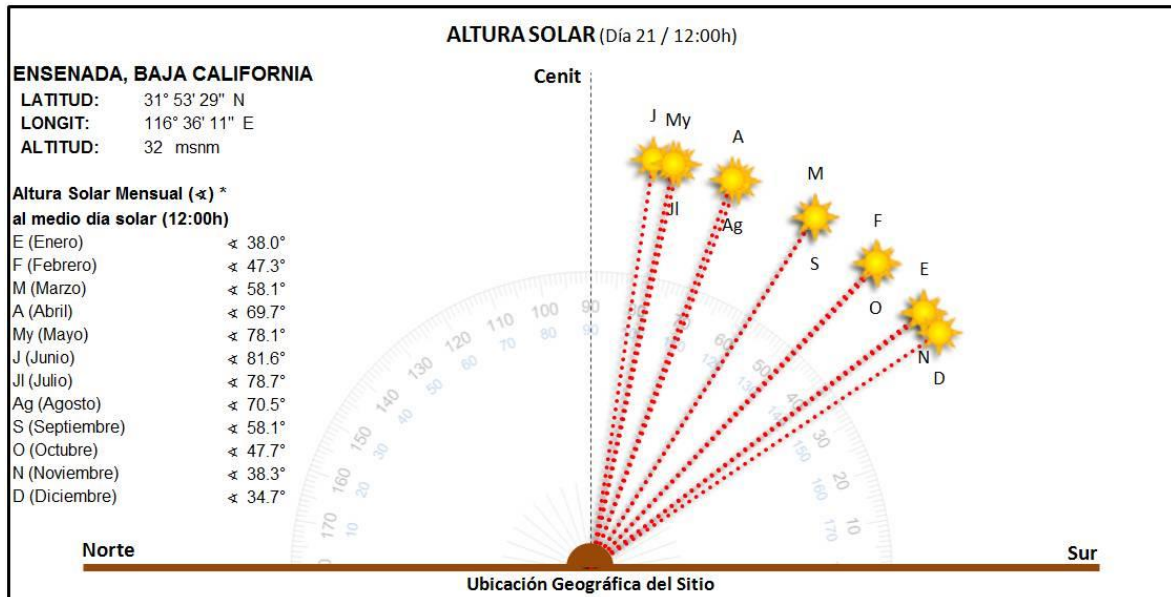


Figura 21.Ángulo mensual de la altura solar para el día 21 al medio día solar (Elaboración propia).

Si se sobreponen las temperaturas y las humedades relativas horarias sobre el diagrama estereográfico, se puede observar el comportamiento mensual de cada una de estas variables respecto al recorrido aparente del Sol y las relaciones estrechas que existen entre éste y el incremento y/o decremento de ambos factores climáticos (Figura 22 y Figura 23). El diagrama estereográfico de temperaturas horarias —correspondiente al primer semestre del año— (Figura 22) indica que las condiciones térmicas del periodo de enero a junio se presentan por debajo de la zona de confort durante todo el día—con temperaturas inferiores a los 18,5 °C—. Particularmente, enero se encuentra en confort térmico de las 15 h 00 a las 17 h 00; y, abril y mayo, de las 15 h 00 a las 16 h 00; en lo que respecta a febrero y marzo, durante todo el día las condiciones térmicas fuera de confort se hacen perceptibles. En el caso particular de las temperaturas diurnas que dan lugar a lo largo de febrero y marzo, es de resaltar que en todo momento se encuentran por debajo del ZCi

En lo que respecta al segundo semestre, durante las mañanas de julio a diciembre se manifiestan temperaturas por debajo de los que provoca que hasta después de las 11 h 00 en el mejor de los casos (agosto) y de las 14 h 00 en el peor de ellos (noviembre) las temperaturas ofrezcan condiciones aceptables de confort. Asimismo, el diagrama refleja que durante diciembre las temperaturas diurnas se presentan con niveles inferiores a los, lo que manifiesta requerimientos de calentamiento durante, prácticamente, todo el día. Es

de destacar que las condiciones de baja temperatura nuevamente comienzan a cobrar fuerza durante las tardes de noviembre y diciembre, después de las 19 h 00.

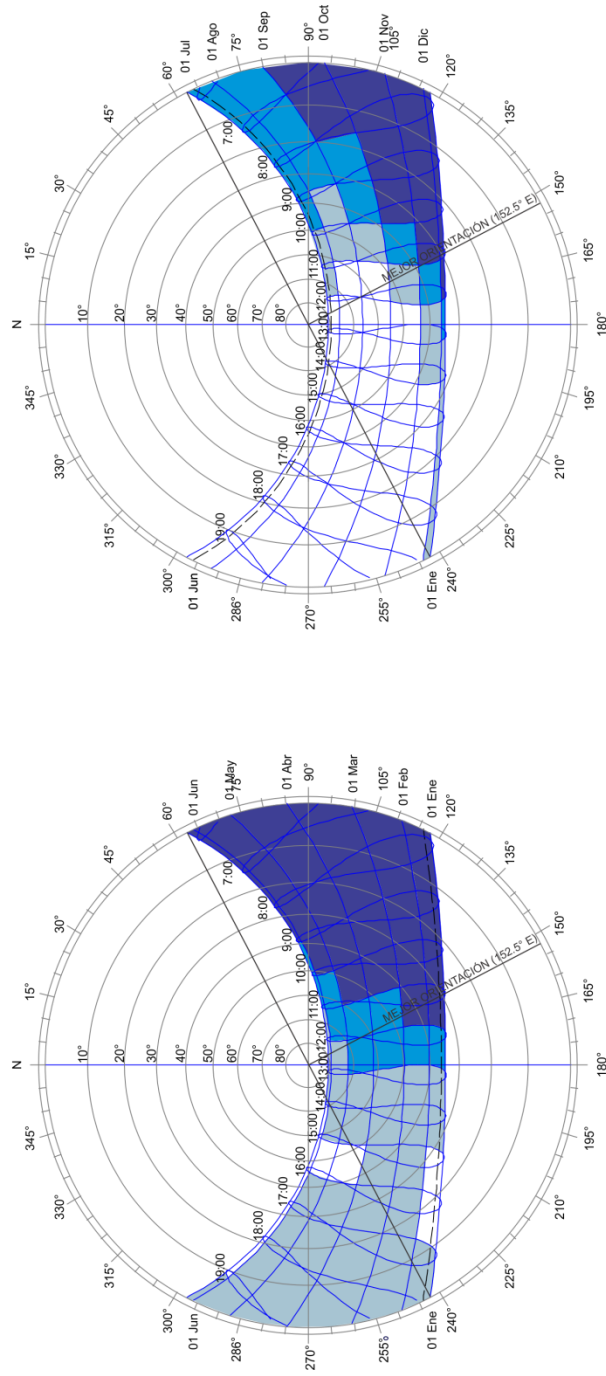
Lo anterior indica que, de acuerdo con el diagrama estereográfico de ambos semestres, la orientación óptima para proyectar espacios arquitectónicos en la ciudad de Ensenada es S-SE (27,5° E a partir del S), de acuerdo con el eje térmico, tal como se muestra en la Figura 22.

Por otro lado, el diagrama estereográfico de las humedades relativas horarias (Figura 23) muestra, a grandes rasgos, un nivel de HR superior al 70,0 % durante las mañanas del primer semestre (hasta las 09 h 00 en enero; 11 h 00 de febrero a abril; 12 h 00 en mayo; y, 14 h 00 en junio).

El resto de las horas de la tarde, según la estereográfica, presenta niveles aceptables de humedad relativa.

En cuanto al segundo semestre, en las mañanas se presentan niveles hídricos superiores al 70,0 % hasta las 10 h 00 en noviembre y diciembre; las 11 h 00 en octubre; las 13 h 00 en septiembre; y prácticamente durante todo el día en julio y agosto. Asimismo, la totalidad de las tardes de septiembre a diciembre se encuentran libres de altos o bajos niveles hídricos, lo que indican condiciones de confort a partir de las 11 h 00 en promedio.

DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA
 Coordenadas: 31°53' N, 166°36' W
 TEMPERATURAS DE BULBO SECO HORARIA



PRIMER SEMESTRE

SEGUNDO SEMESTRE

Figura 22. Diagrama Estereográfico a partir del método de trazo de Steven Szokolay. Permite graficar las temperaturas horarias a partir del recorrido aparente del Sol —sobre la bóveda celeste—, con el objeto de visualizar y comprender su comportamiento durante las horas diurnas en que el Sol se hace presente (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados del sitio en estudio).

DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

Coordenadas: 31°53' N, 166°36' W

HUMEDAD RELATIVA HORARIA

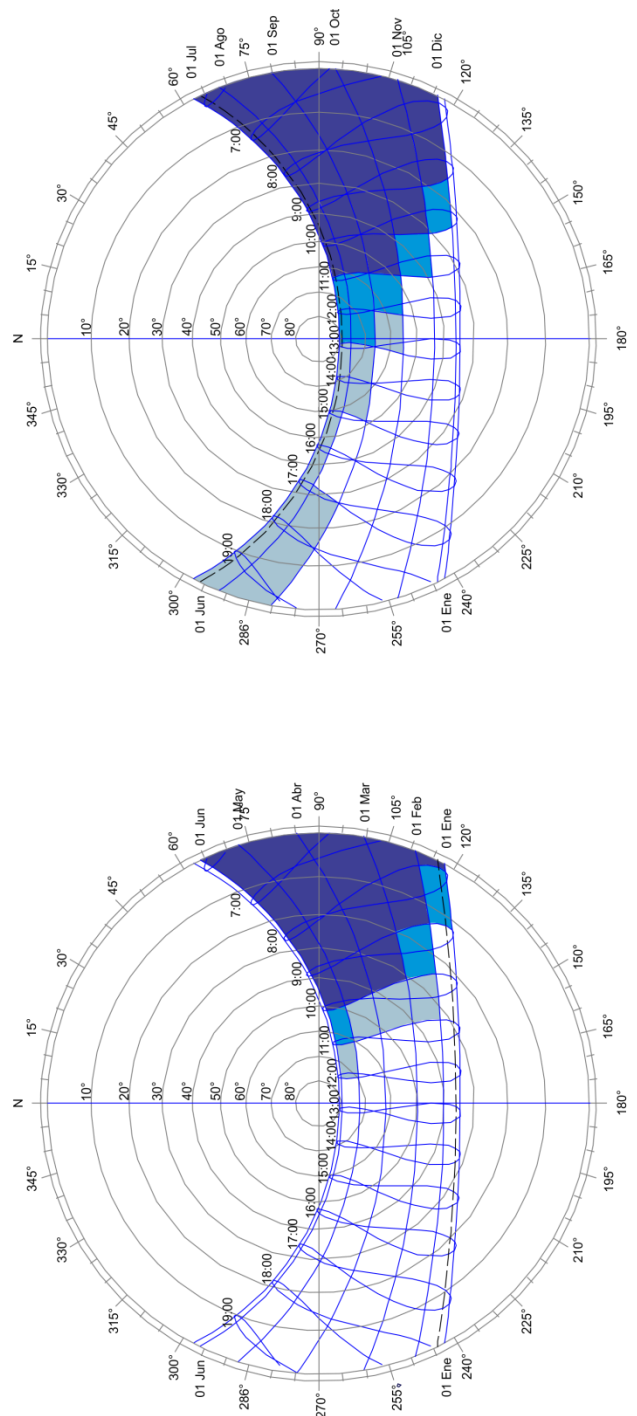


Figura 23. Diagrama Estereográfico a partir del método de trazo de Steven Szokolay. Permite graficar las humedades relativas horarias a partir del recorrido aparente del Sol —sobre la bóveda celeste—, con el objeto de visualizar y comprender su comportamiento durante las horas diurnas en que el Sol se hace presente (Gráfico elaborado a partir de datos climáticos procesados del sitio en estudio).

4.4. Conclusión

Los datos históricos analizados e interpretados para la ciudad de Ensenada permiten visualizar los resultados siguientes: Una temperatura media anual de 17,3 °C; una humedad relativa del 75,8 %; una precipitación total anual de 217,3 mm; unos vientos dominantes provenientes del SW con una velocidad promedio de 2,5 m/s. De acuerdo a las condiciones climáticas, se puede concluir que el periodo cálido consta de tres meses (de julio a septiembre), en los cuales se requiere enfriar los espacios interiores, mientras que el periodo con condiciones frías predomina durante todo el día (24 horas), de diciembre a mayo, lo que demanda requerimientos constantes de calentamiento. La humedad relativa promedio se encuentra por encima del rango de confort (30 % - 70 %) a lo largo de todo el año.

Capítulo V.
MANUAL DE DISEÑO PASIVO ARQUITECTÓNICO ACORDE A LAS
CONDICIONES CLIMÁTICAS DE ENSENADA

El presente capítulo contiene el desarrollo del objetivo específico número 2 planteado en la página 5 de este trabajo de investigación, que a la letra dice:

“Conformar un manual básico de diseño pasivo para el arquitecto, con base en una investigación documental, que responda a las características climáticas típicas de la ciudad de Ensenada”.

Para ello, retomando como base los resultados de interpretación obtenidos con el capítulo anterior, es posible advertir que la ciudad de Ensenada es predominante fría y húmeda a lo largo del año, salvo un periodo breve en verano (de julio a septiembre) en donde las condiciones térmicas, si bien son de confort según la Figura 2 (pág. 37) y la Figura 3 (pág. 38), combinadas con la alta humedad relativa del ambiente generada por la aproximación con el mar (Figura 4, pág. 42 y Tabla 7, pág. 42), propician condiciones de bochorno y sobrecalentamiento en la percepción térmica de los ciudadanos (Innova, 2012).

En ese sentido, el Capítulo IV presentó de forma detallada la caracterización climática de la ciudad en estudio, por lo que el Capítulo V presentara las guías de diseño pasivo,

expresadas en estrategias de diseño, a partir de las cuales el arquitecto, urbanista o diseñador que pretende emplazar una propuesta en Ensenada, podría tener para que su proyecto sea adecuado y pertinente para que sea adecuado y pertinente a las condiciones climáticas del sitio. Para tal fin, la Tabla 12 describe la transición sistematizada obtenida con los resultados del Capítulo IV y la apertura del Capítulo V.

Capítulo IV Análisis Climático			Capítulo V Manual de Diseño Pasivo	
Temperatura	Periodo Frío Temperatura media del mes frío 13,9°C en diciembre	Octubre a Junio	Estrategias de Calentamiento	Configuración compacta Muros interiores altos Orientación respecto al eje térmico Calentamiento directo Calentamiento indirecto Muro trombe Efecto invernadero Captador Solar Piso Radiante
	Periodo Cálido Temperatura media del mes cálido 21,5°C en agosto	Julio a Septiembre	Estrategias de Enfriamiento	Configuración abierta Muros interiores bajos Orientación respecto al eje eólico Ventilación cruzada Efecto venturi Efecto tipo fresquera Cubierta y muros verdes Sombreado Dispositivos de control solar Doble cubierta Cámara plena Ventanas Low-e Patios internos
Humedad Relativa	Periodo Seco Humedad Relativa media del mes seco 65,4 % en enero	Febrero a Octubre	Estrategias de deshumidificación	Esquema Palafito
	Periodo Húmedo Humedad Relativa media del mes húmedo 86,1 % en agosto			
Viento	V. Dominante Proviene del SW 2.5 m/s	Durante todo el año	Estrategias de enfriamiento	Orientación respecto al eje eólico Ventilación cruzada Enfriamiento Evaporativo
	V. Reinante Proviene del SW 3.4m/s			
Precipitación	Precipitación pluvial baja Inferiores a 40,0 mm	Enero y de Marzo a Noviembre		
	Precipitación pluvial media Entre 40,0 mm a 150,0 mm	Febrero y Diciembre		

Tabla 12. Transmisión sistematiza entre el Análisis Climático (Capítulo IV) y el Manual de diseño Pasivo (Capítulo V).

Por tal razón, este capítulo se ha estructurado en cuatro apartados que permiten presentar las técnicas de diseño comunes consideradas como parte de las estrategias

pasivas de diseño siguientes: a) Calentamiento; b) Enfriamiento; c) Humidificación; y, d) Deshumidificación.

Una parte de este apartado se ha centrado en expresar gráficamente, a modo de esquemas, cada una de las técnicas presentadas, por lo que, los gráficos concentrados en los siguientes apartados han sido elaborados por el autor de este trabajo con apoyo de diferentes literaturas consultadas. La otra parte se concentra en describir de forma textual, cada uno de dichos esquemas.

5.1. Estrategia de Calentamiento Pasivo

La estrategia de calentamiento pasivo se genera para cubrir los requerimientos climáticos para la época de invierno, o cuando las condiciones reflejadas sean predominantemente frías. Su objetivo es aprovechar las ventajas del clima, en particular el asoleamiento.

Las estrategias principales de calentamiento pasivo en edificaciones son las siguientes (de Herde, 1997):

- Captar: Captación directa o indirecta de la energía solar en forma de radiación recibida por el edificio y transformada en calor.
- Conservar: Acción de mantener el calor dentro de los recintos, para lograrlo se requiere aislar la edificación del exterior.
- Almacenar: La masa térmica de las edificaciones, dada por su materialidad, contribuye a almacenar calor durante el día para emitirlo durante la tarde y noche.
- Distribuir: El calor captado se distribuye, de manera que llegue a distintos recintos del edificio, se puede lograr de forma natural o forzada.

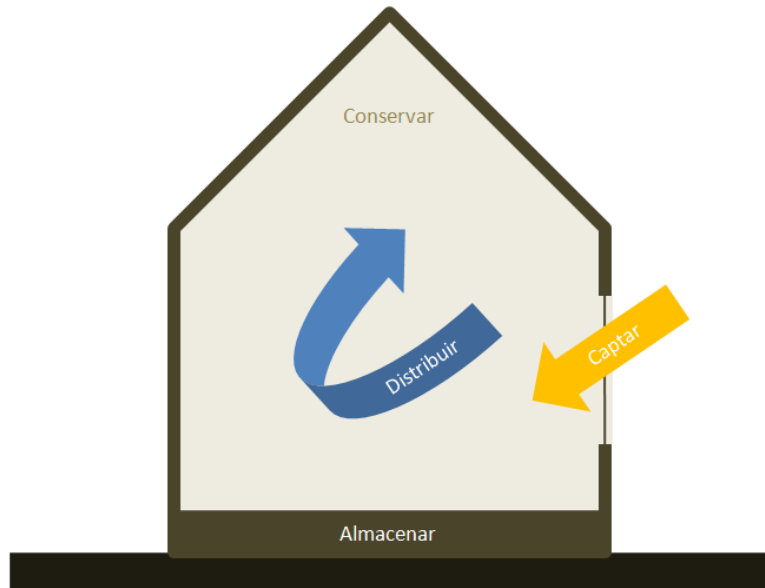


Figura 24. Estrategias de Calentamiento Pasivo (Innova, 2012).

En esta sección se toma como referencia el manual de estrategias pasivas propuestas por el Gobierno de Chile (Innova, 2012).

5.1.1. Configuración compacta

La volumetría de un edificio debe estar relacionada con el clima en que éste se encuentra emplazado y el programa de usos que contiene. Ensenada es predominantemente frío, por lo que se busca conservar el calor dentro de los edificios y solo en el periodo de Julio a Septiembre disiparlo al ambiente.

La técnica más sencilla es una adecuada zonificación, organizando los espacios que contendrá el edificio de acuerdo a las necesidades de calefacción, enfriamiento, iluminación natural y confort acústico. La configuración compacta evita pérdidas de calor debido a los vientos (Figura 25).

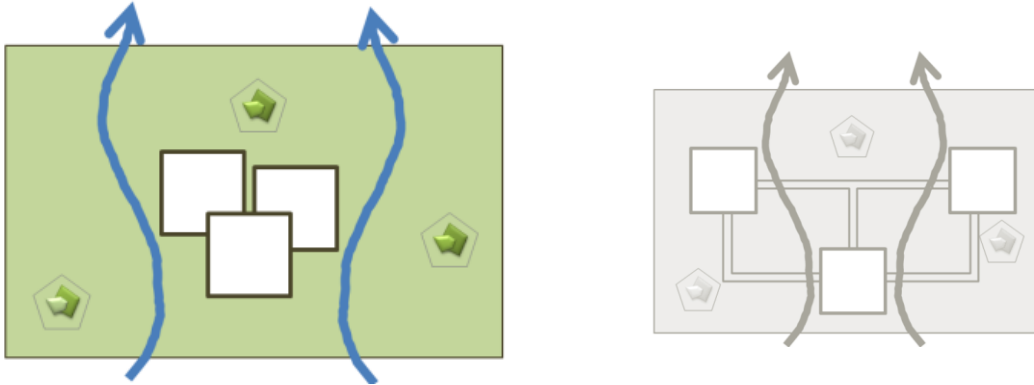


Figura 25. Izquierda, representación configuración compacta. Derecha, representación configuración abierta (Elaboración propia).

5.1.2. Muros interiores altos

Los muros interiores altos son una técnica para conservar el calor dentro de los espacios, funciona prolongando la disipación de calor que se encuentra en ellos. Para su diseño se recomienda una altura de muro de piso a techo de entre 2,1 m y 2,3 m.

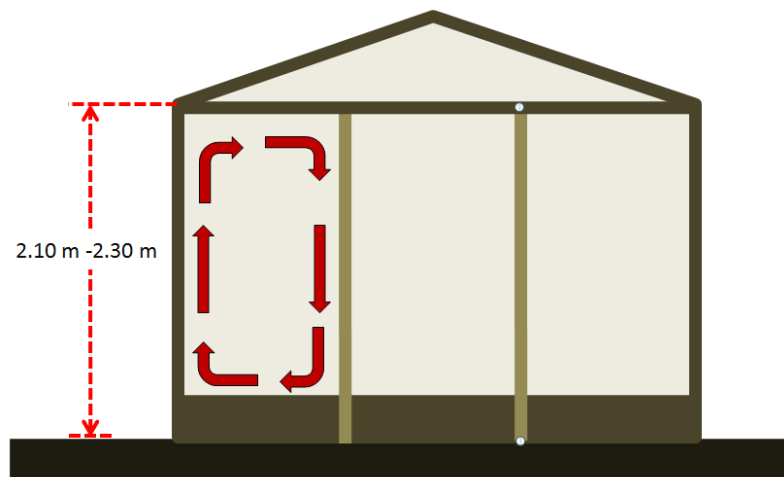


Figura 26. Esquema de Muros Altos.

5.1.3. Orientación respecto al eje térmico

La orientación de los edificios determina en gran parte la demanda energética de calefacción o refrigeración del mismo en el futuro. La orientación adecuada puede minimizar considerablemente las demandas energéticas a través del control de las ganancias solares.

Se recomienda una orientación norte-sur, debido a que facilita las técnicas de protección en fachadas principales; por otro lado, no se recomienda una orientación oriente-poniente, esto debido a que es más complejo controlar la incidencia solar (Figura 27). Esta técnica se puede apreciar aplicada en el proyecto Casa G, Argentina (pág. 114).

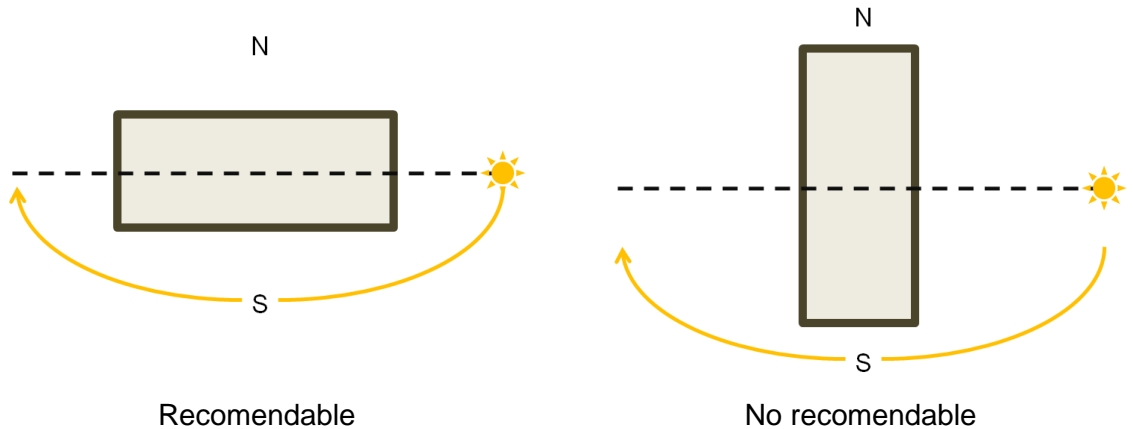


Figura 27. Orientación de las Fachadas (Innova, 2012).

5.1.3.1. Norte

En Ensenada, esta fachada no recibe radiación solar en forma directa durante todo el año, por lo que no requiere de protección solar, sin embargo, debe evitar pérdidas de calor y lograr una adecuada iluminación natural.

5.1.3.2. Este

Esta fachada recibe el sol durante las mañanas de todo el año. En esta orientación el sol es bajo, ya que recién sale por el horizonte. Los vanos acristalados sin protección pueden generar sobrecalentamiento en las mañanas.

5.1.3.3. Sur

Esta fachada recibe la radiación solar durante la mayor parte del año. En invierno el sol se encuentra más bajo con respecto al cenit por lo que tendrá una mayor penetración a través de las superficies acristaladas. Es fácil proteger esta fachada en verano con protecciones horizontales (aleros o repisas de luz).

5.1.3.4. Oeste

Esta fachada recibe radiación solar durante la tarde, lo que coincide con las más altas temperaturas del día y tiene mayores riesgos de sobrecalentamiento en verano, para ello

es necesario proteger las superficies acristaladas que se encuentren en esta. Las protecciones pueden ser exteriores, interiores, móviles, fijas, hasta incluso puede ser un vidrio con control solar.

5.1.4. Calentamiento directo (diseño de ventanas)

Considerada la forma más sencilla y de menos costo para ganar la energía solar y generar calor. Se logra, debido a que el Sol atraviesa las superficies vidriadas orientadas al sur y éste es absorbido al interior de los espacios por la masa térmica de los materiales. Es eficiente en edificios con una buena envolvente; que considere aislación térmica, masa térmica y ventanas de buena calidad.

Se recomienda esta técnica para la ciudad de Ensenada, debido a que los requerimientos para generar confort indican calentamiento a lo largo del año, con excepción de los meses Julio a Septiembre donde se requiere enfriar los espacios, pero ello se recomienda utilizar control solar para manipular la entrada de los rayos solares al interior del edificio y evitar el sobrecalentamiento en verano.

En el proceso de diseño, es necesario controlar las dimensiones de las ventanas orientadas al sur, además de proponer técnicas para aislar el edificio y controlar las pérdidas por infiltraciones. A continuación se presentan algunos tipos de ventanas que se pueden implementar de acuerdo a los requerimientos de los espacios y la orientación de la edificación.

- Las ventanas a plomo de muro permiten una cantidad media de radiación solar directa, esto debido al ángulo de inclinación de los rayos solares, se recomiendan para la fachada norte (Figura 28).

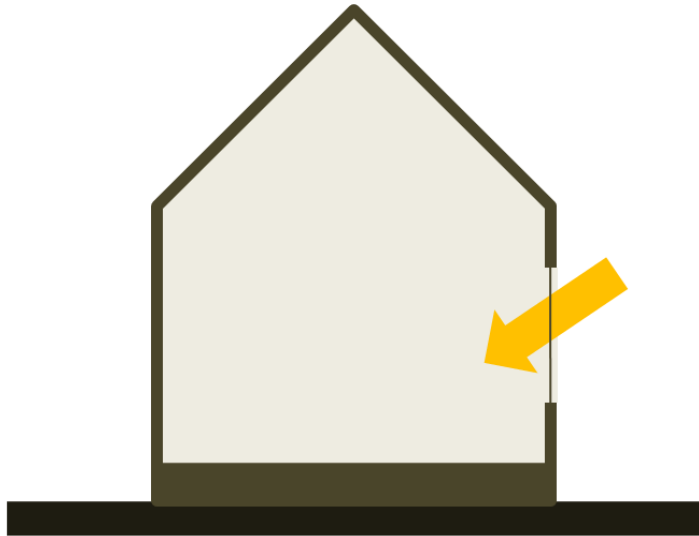


Figura 28. Ventana a Plomo de Muro (Innova, 2012).

- Las ventanas salientes o bow-window, tienen un menor porcentaje de radiación solar recibida, por lo cual son recomendadas para espacios en fachada oeste que requieran iluminación natural durante la mayor parte del día (Figura 29).



Figura 29. Ventana Saliente (Innova, 2012).

- Las ventanas cenitales son las que tienen una mayor cantidad de radiación ingresando al edificio. Al utilizar este tipo de ventana se debe considerar que es más propensa a sobre calentamiento en el periodo cálido (verano) (Figura 30).

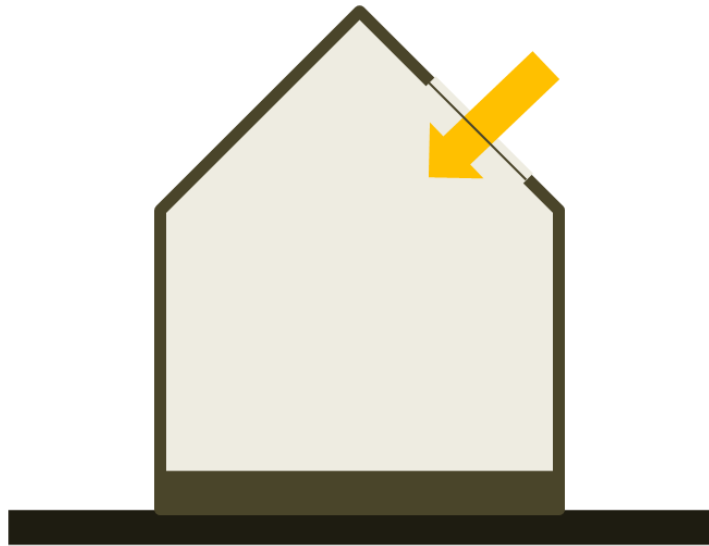


Figura 30. Ventana Cenital (Innova, 2012).

5.1.5. Calentamiento solar indirecto (masa térmica)

La masa térmica es una técnica tanto de calentamiento como de enfriamiento pasivo. Como técnica de calentamiento; una vez que se ha captado la radiación solar en el edificio, es necesario mantener el calor generado en el interior de éste (Figura 31). Este calor se almacena en el seno de los materiales, para luego aportarlo al ambiente cuando sea necesario (Figura 32).

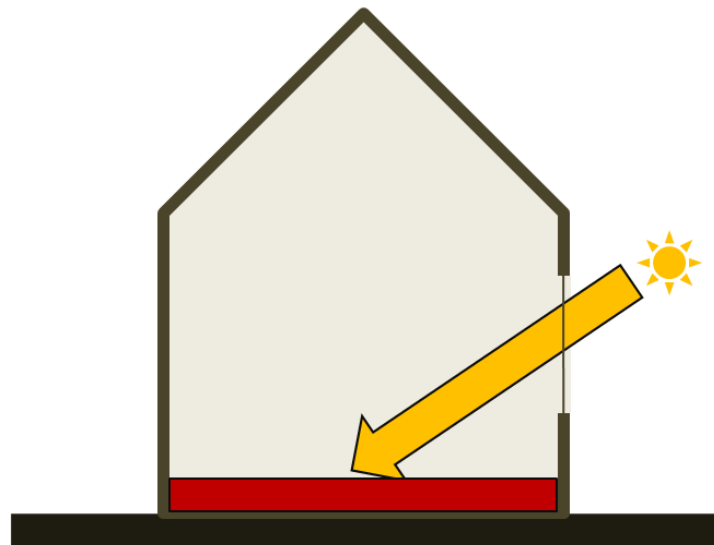


Figura 31. Funcionamiento de la Masa Térmica en piso. Captación y Almacenamiento (Innova, 2012).

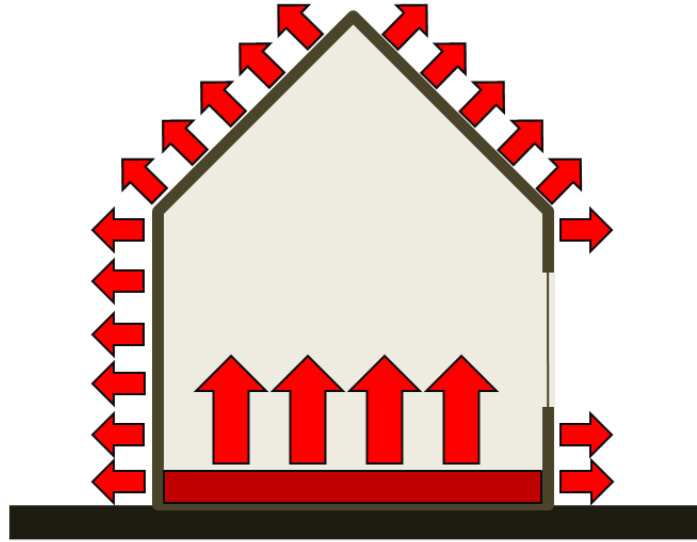


Figura 32. Funcionamiento de la Masa Térmica. Distribución y Conservación del Calor Almacenado (Innova, 2012).

Los materiales con mayor masa e inercia térmica son los materiales pétreos; hormigón, mampostería de ladrillo, adobe y piedra (Tabla 13). La capacidad de acumulación de calor de estos materiales permite el intercambio de temperaturas en el interior y el desfase térmico entre la temperatura exterior y la interior.

Tabla 13. Materiales con Masa Térmica (Innova, 2012).

Material	Densidad (Kg/m ³)	Calor específico (kJ/kg.K)	Capacidad térmica volumétrica Masa térmica (kJ/m ³ .K)
Agua	1000	4.186	4186
Concreto	2240	0.920	2060
Ladrillo	1700	0.920	1360
Piedra	2000	0.900	1800
Adobe	1550	0.837	1300
Tierra apisonada	2000	0.837	1673

5.1.6. Muro trombe

El muro trombe, consiste en un muro de material mineral (material efusivo) sobre el cual se instala un recubrimiento transparente (generalmente vidrio) que genera una cámara de aire, la cual puede estar desprovista de ventilación o bien puede tener una ventilación hacia el

interior por efecto termosifón o a través de algún sistema que se acciona cuando la temperatura de la cámara de aire supera a la interior (Figura 33) (Bustamante et. al., 2009).

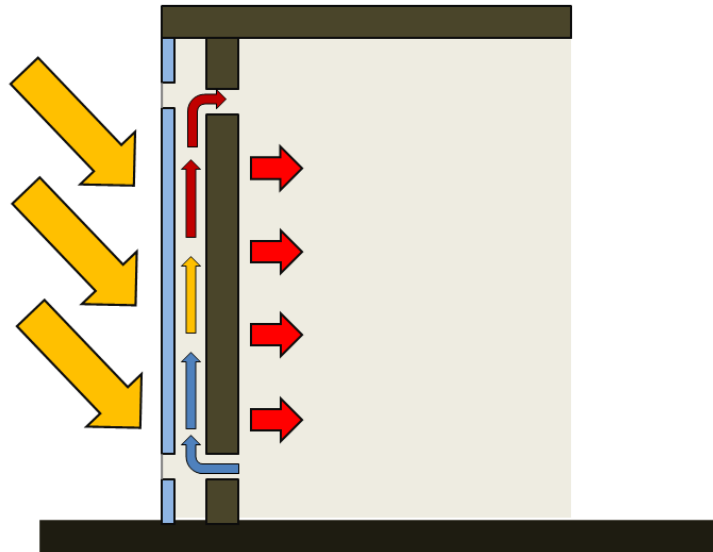


Figura 33. Diagrama Básico de Muro Trombe.

5.1.7. Efecto invernadero

El efecto invernadero es provocado por la presencia de elementos vidriados a través del cual la radiación solar (onda corta) se transmite hacia el interior incidiendo sobre elementos del edificio que absorben parte del calor que lleva consigo esta radiación. Estos cuerpos emiten radiación (onda larga), frente a la cual el vidrio es opaco, generando entonces el efecto invernadero en que el calor eleva la temperatura local correspondiente. (Figura 34).

Parte de la captación almacenada en una parte más o menos superficial de la masa del edificio se restituye al ambiente en el período nocturno.

Esta es una forma directa de ganar energía para la vivienda en períodos fríos del año, con ello se leca la temperatura diurna y se aumenta también la nocturna y a su vez se amortigua la oscilación termina en el interior respecto a la exterior. Está técnica se puede apreciar aplicada en el proyecto Escuela Teniente Merino de Cochrane, Chile (pág. 119).

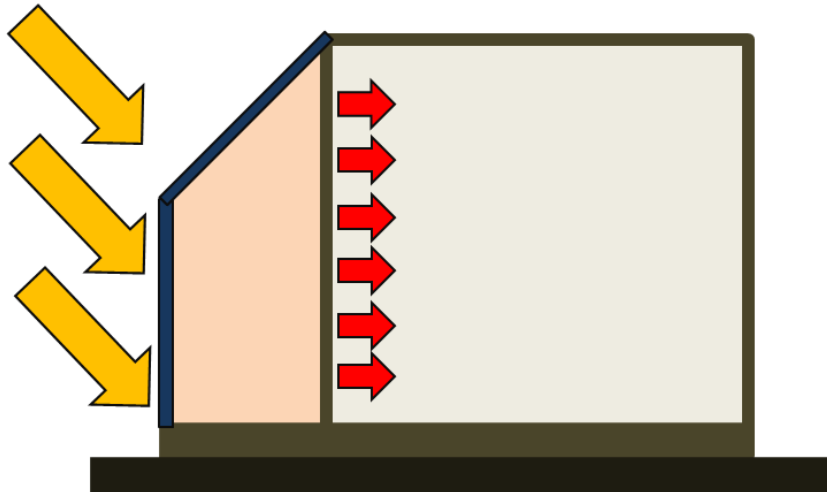


Figura 34. Funcionamiento de un espacio solar aislado: captación, acumulación y distribución (Innova, 2012).

5.1.8. Captador solar

Este sistema se basa en el uso de un espacio con cubierta acristalada que sirve como colchón térmico; y que acumula el calor en invierno (Figura 35). Estos espacios efectuarán el control climático de forma pasiva. Se recomienda introducir unas aberturas en los lados, de manera que en invierno puedan estar cerradas y seguir funcionando como colchón térmico, mientras que en verano se abrirán para evitar el sobrecalentamiento (Biourb, 2015).

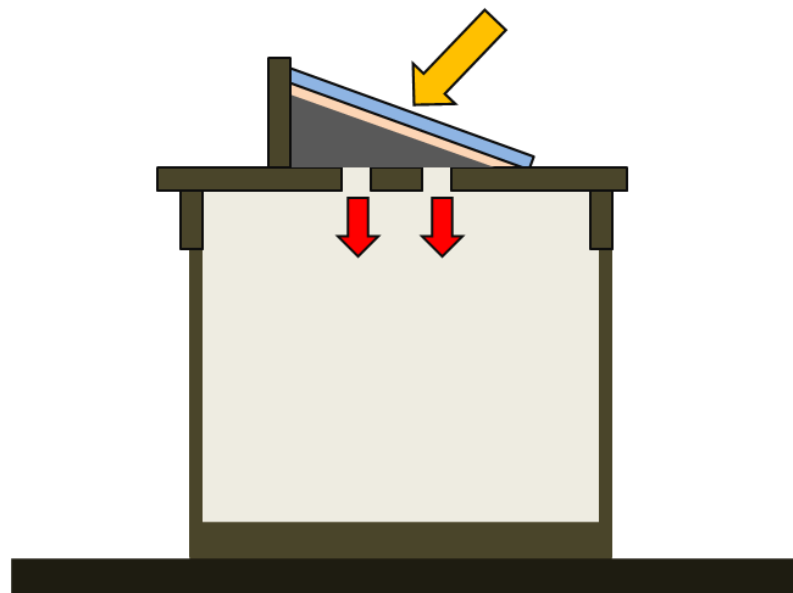


Figura 35. Funcionamiento de Captador Solar.

5.1.9. Pisos radiantes

Esta técnica consiste en convertir todo el suelo en un gran panel emisor de calor (25 °C a 29 °C), a través de tubos ahogado en pisos (Figura 36). Se recomienda utilizarlo en habitaciones, ya que la temperatura esta mejor distribuida que en otros sistemas de calefacción, dando como resultado una mayor sensación de bienestar y un mayor grado de humedad relativa.

La calefacción radiante puede ser eléctrica (cables o folios calefactores) o por agua. En el caso de la calefacción por suelo radiante eléctrica la fuente de calor puede ser controlado por un termostato de ambiente que mantiene la temperatura que previamente se haya seleccionado con el mismo.

Por otro lado, la calefacción por suelo radiante de agua consiste en la instalación de un tubo de polipropileno sobre aislamiento de alta densidad, empotrado en la capa de mortero del pavimento, ocupando toda la superficie de la estancia a calentar y utiliza agua como elemento transmisor de calor. El agua que es previamente calentada con cualquier fuente de energía, cede calor al suelo y éste, a su vez, lo transmite por contacto al aire. Cuando se utiliza una bomba de calor reversible, este sistema tiene la ventaja de poder enfriar el agua circulante y absorber el calor del ambiente, lo que lo hace especialmente practico para combatir las temperaturas altas en verano (Rodarte, 2012). Está técnica se puede apreciar aplicada en el proyecto Casa G, Argentina (pág. 114).

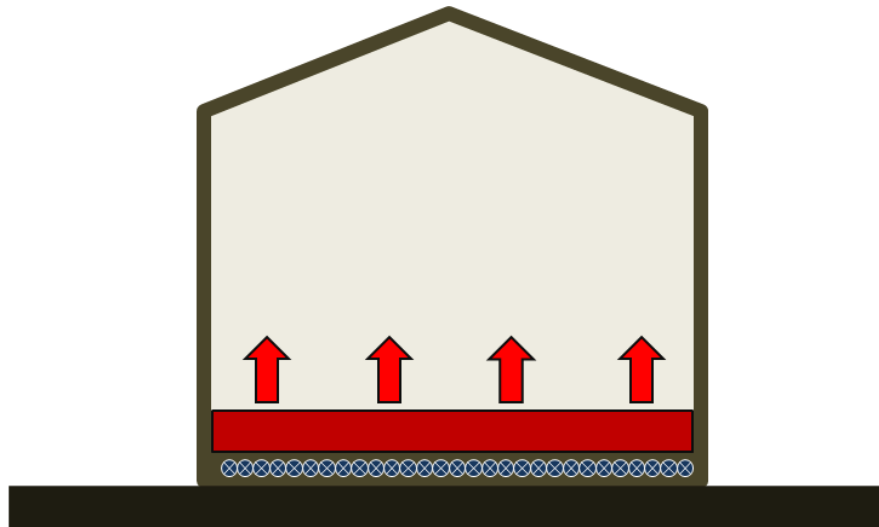


Figura 36. Funcionamiento de Piso Radiante.

5.1.10. Aislamiento térmico en techo

El acondicionamiento térmico interviene en aquellas partes de la vivienda que influyen en la calidad térmica. El techo, considerado como la quinta fachada es el que está expuesto a la radiación solar la mayor parte del tiempo. Por lo tanto, debe recibir una aislación térmica adecuada, para así, reducir la pérdida de calor en invierno y evitar el sobrecalentamiento en verano (Blender, 2015).

Las ganancias o pérdidas de calor por el techo, varían en función de los materiales de construcción. Es por ello, que se recomienda colocar materiales aislantes en la cubierta (Tabla 14). Esta técnica se puede apreciar aplicada en el proyecto Casa G, Argentina (pág. 114).

Tabla 14. Materiales aislantes para techos (Blender, 2015).

Material	Observaciones
Poliestireno expandido EPS	Es un aislante tipo panel para techos y muros. Existen dos tipos EPS blanco y EPS gris, este último es 20 % más aislante por la adición de grafito.
Poliestireno extruido XPS	Es una espuma fina y dura. Su resistencia mecánica y la absorción de agua son superiores.
Poliestireno expandido PU	Se utiliza en instalaciones de ventanas por su alto precio.
Celulosa	Consiste en material reciclado (papel) tratado con ácido bórico para darle propiedades aislantes.
Lana mineral y lana de vidrio	Aplicación horizontal: elegir un producto de poca resistencia mecánica. Aplicación vertical: elegir un producto con cara de papel y fijar bien para prevenir el asentamiento.
Fibra de poliéster	Requiere aprox. 50 % más de espesor que los aislantes convencionales.
Lana de oveja	Aislante natural y ecológico con aislación térmica similar a aislantes convencionales.

5.2. Estrategia de Enfriamiento Pasivo

Las técnicas pasivas de enfriamiento sugeridas en esta sección se proponen para cubrir los requerimientos térmicos del periodo cálido del año en Ensenada, lo que implica que el arquitecto deberá tomar decisiones para determinar, por horario de uso ocupacional y actividad desarrollada, qué espacios arquitectónicos deberán diseñarse con alguna de las técnicas aquí propuestas.

Las técnicas de enfriamiento abordadas en este apartado tienen el objetivo de aprovechar las ventajas del clima, en particular el viento. Esto, para lograr confort térmico en el interior de los espacios, así como para proporcionar una renovación de aire durante el periodo frío.

5.2.1. Configuración abierta (volumetría extendida)

Tomando como referencia lo dicho en la configuración compacta *"Ensenada es predominantemente frío, por lo que se busca conservar el calor dentro de los edificios y solo en el periodo de Julio a Septiembre disiparlo al ambiente"*.

La configuración abierta permite una mejor filtración del viento al interior de los espacios; esto se debe a que éstos están separados entre sí, permitiendo una mayor cantidad de entradas de viento (Figura 37).

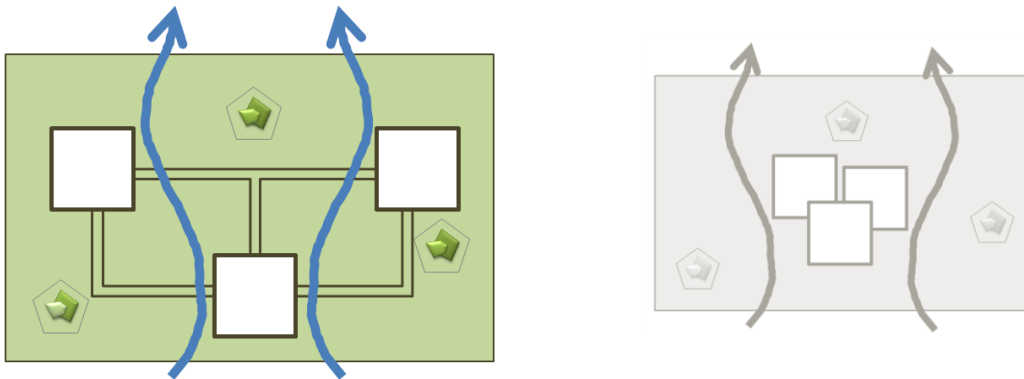


Figura 37. Izquierda, representación configuración abierta. Derecha, representación configuración compacta.

5.2.2. Muros interiores bajos

Los muros interiores bajos son una técnica para refrescar al interior de los espacios, funcionan disipando el calor que se encuentra en los espacios interiores a través del viento. Para su diseño se recomienda una altura de piso a techo de entre 1,2 m y 1,5 m

(Figura 38). Esta técnica se puede apreciar aplicada en el proyecto Casa G, Argentina (pág. 114).

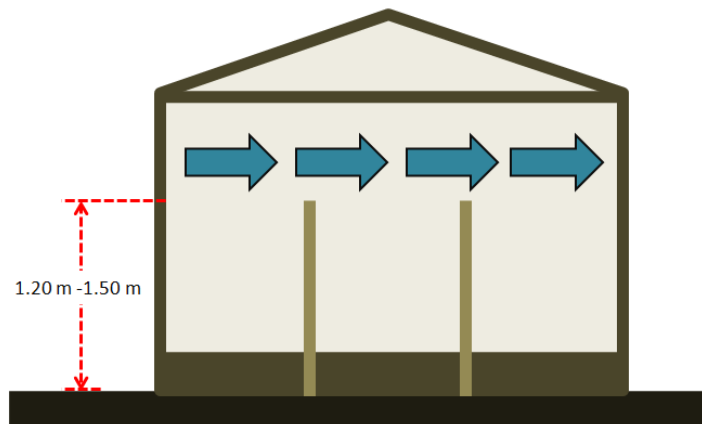


Figura 38. Esquema de Muros bajos.

5.2.3. Orientación respecto al eje eólico

La orientación de los edificios o los vanos de éste respecto al eje eólico, facilitan las técnicas de enfriamiento pasivo para los meses cálidos. En la ciudad de Ensenada los vientos dominantes provienen de Noreste (Figura 39), por lo cual se recomienda ubicar la fachada en esta orientación si el predio lo permite o en su caso, ventanas, para su utilización en los meses del periodo cálido (Julio a Septiembre). Esta técnica se puede apreciar aplicada en el proyecto Casa G, Argentina (pág. 114).

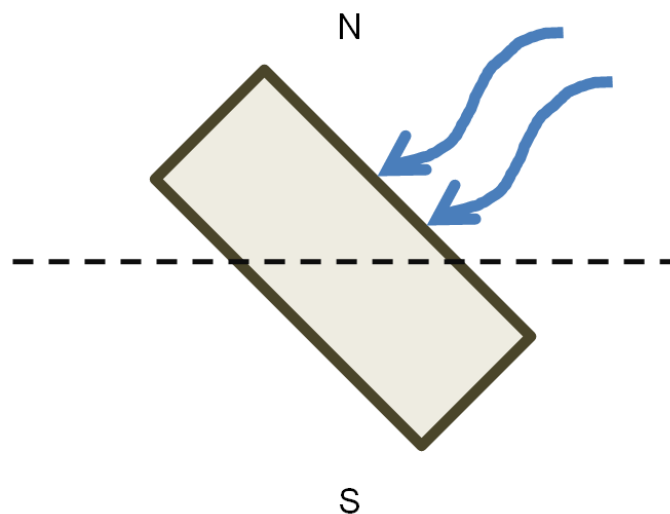


Figura 39. Orientación de la fachada respecto al eje eólico.

5.2.4. Ventilación

Según Morillón y Oropeza (2009), se entiende por ventilación "el proceso de suministro de aire, natural o acondicionado y su remoción de cualquier espacio por cualquier método". Este proceso da de tres maneras: por ventilación natural, por ventilación inducida o por ventilación forzada.

La ventilación en la vivienda tiene como objetivos fundamentales:

1. Ventilación para mantener la calidad del aire interior, que permita lograr aire descontaminado durante todo el año, con control de la humedad interior y sin olores desagradables.
2. Ventilación para el confort térmico o enfriamiento del ambiente interior, que permite reducir las temperaturas al interior de la vivienda en periodos cálidos del año (verano y estaciones de transición).

5.2.4.1. Cruzada

La ventilación cruzada es la forma más simple de ventilar, ya que en esta técnica utiliza dos ventanas en fachadas opuestas, las que al abrirse simultáneamente generan movimientos de aire (Figura 40). El flujo arrastra el aire a mayor temperatura y lo reemplaza por uno a menor temperatura procedente del exterior. El enfriamiento en este caso, se produce por dos motivos, el primero es por la diferencia de temperatura y el segundo por la sensación refrescante que produce el movimiento del aire. Para que este tipo de ventilación funcione la distancia de una ventana a otra deber ser como máximo 5 veces la altura de piso a techo, sin exceder los 15 m. Esta técnica se puede apreciar aplicada en el proyecto Casa G, Argentina (pág. 114).

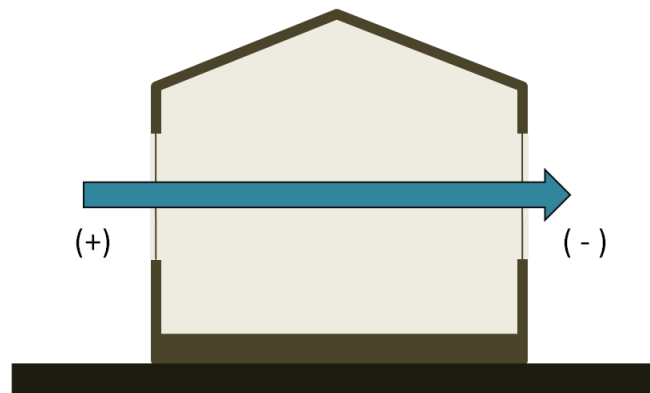


Figura 40. Dirección del viento y presiones de aire (Innova, 2012).

Cuando se quiere ventilar a través de esta técnica se debe considerar la orientación de los muros divisorios, ya que estos pueden modificar o estancar el aire en algunas partes del edificio (Figura 41).

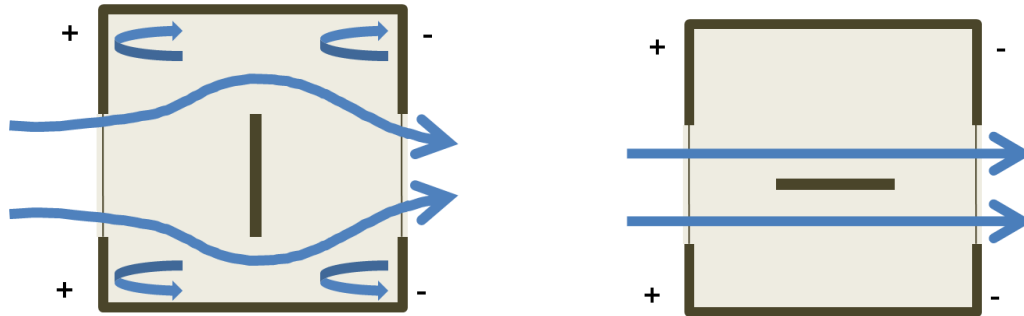


Figura 41. Ventilación afectada por muros interiores (Innova, 2012).

5.2.4.2. Unilateral

Cuando un espacio no se puede dotar de ventilación cruzada, se puede hacer uso de la ventilación unilateral, la cual consiste en colocar dos ventanas sobre una misma pared ubicadas lo más distantes entre sí y hacer sobresalir dos paredes que funcionen como parasoles (Figura 42). Para este tipo de ventilación es recomendable las ventanas batientes, ya que actúan como deflector que impulsa el flujo del aire al interior de la vivienda (Morillón & Oropeza, 2009).

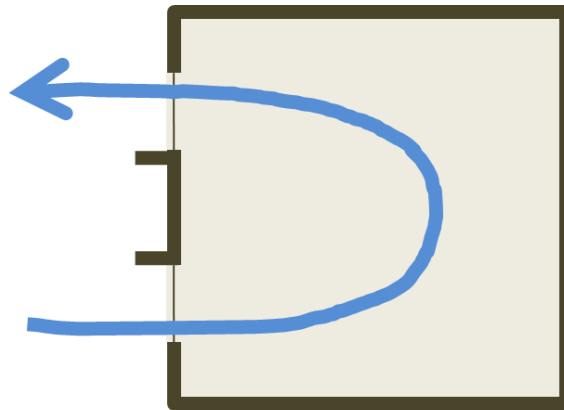


Figura 42. Representación de Ventilación Unilateral.

5.2.4.3. Inducida

La ventilación inducida es la que, por presión, impulsa el aire dentro de la vivienda (Figura 43) (Alvear et. al, 2016), se utiliza cuando no es posible ventilar naturalmente, debido a la topografía o colindancias del predio.

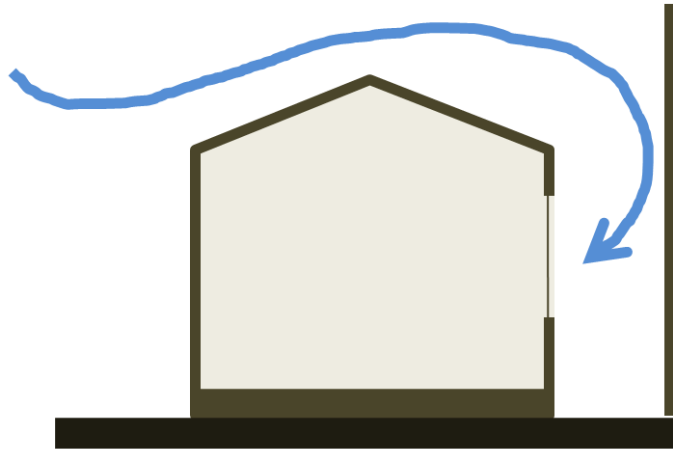


Figura 43. Representación de Ventilación Inducida.

5.2.4.4. Forzada

La ventilación forzada se basa en un flujo de aire que entra en el espacio donde la circulación del aire se genera por una diferencia de presión generada por el calor de las superficies expuestas a la radiación solar y por el movimiento ascendente del aire caliente: estratificación térmica (Figura 44) (Varini C. , 2014).

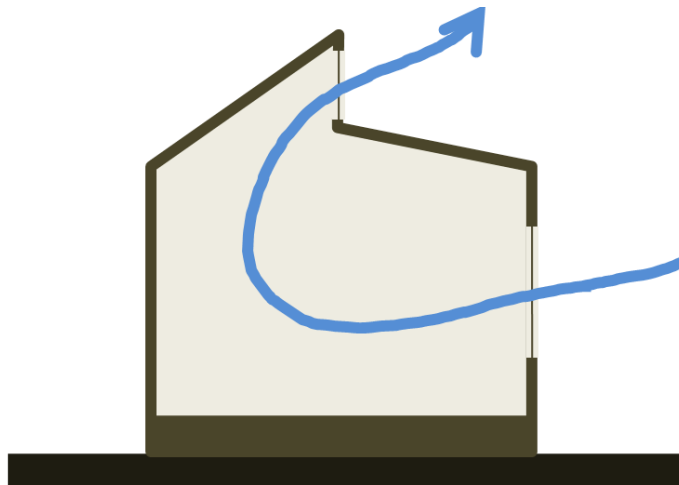


Figura 44. Representación de Ventilación Inducida.

Se utiliza cuando se tiene una entrada de viento, pero no es posible generar una salida para lograr una ventilación cruzada o unilateral.

5.2.5. Efecto venturi

El Efecto Venturi como Sistema de Enfriamiento Pasivo, consiste en el aumento de velocidad que sufre el viento al ser comprimido en su paso. El viento que pasa por un área más reducida que por la que fue, incrementa su velocidad justamente en el área más reducida. Por el contrario disminuye su velocidad si pasa por un área más amplia (Figura 45).

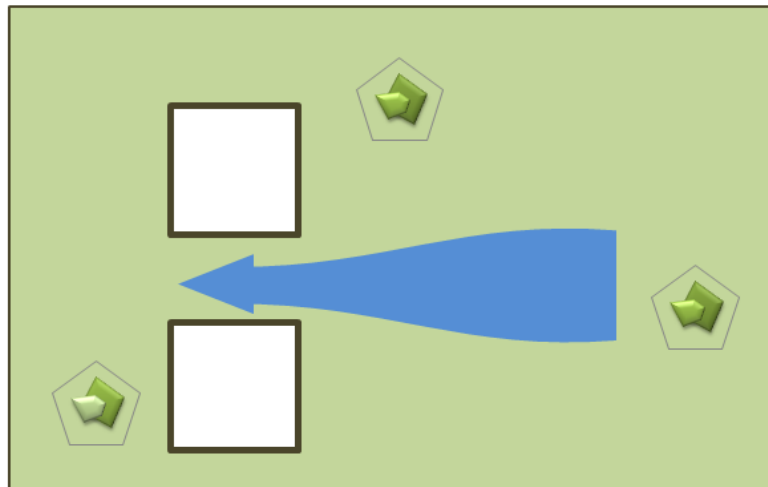


Figura 45. Representación en planta del Efecto Venturi.

De esta manera, se puede aprovechar el Efecto Venturi para aumentar o disminuir la velocidad del viento tanto en espacios urbanos, como espacios arquitectónicos exteriores e interiores según los requerimientos básicos de confort (García & Fuentes, 1985).

5.2.6. Efecto tipo fresquera

La Fresquera consiste en un espacio colocado en la cocina inmediato a un muro exterior, en donde se almacenarán alimentos que requieren refrigeración ligera, conservándolos en óptimas condiciones debido a que la temperatura que se mantiene dentro de la fresquera es más baja que la del resto de la casa, proporciona ahorro de energía eléctrica (Deffis, 1989).

Por lo anterior, el efecto tipo fresquera para lograr una adecuación térmica en espacios habitables consiste en hacer uso simultáneo de la masa térmica y la exposición de la envolvente a la dirección de incidencia de los vientos dominantes, para reducir la temperatura interior de los espacios (Figura 46).

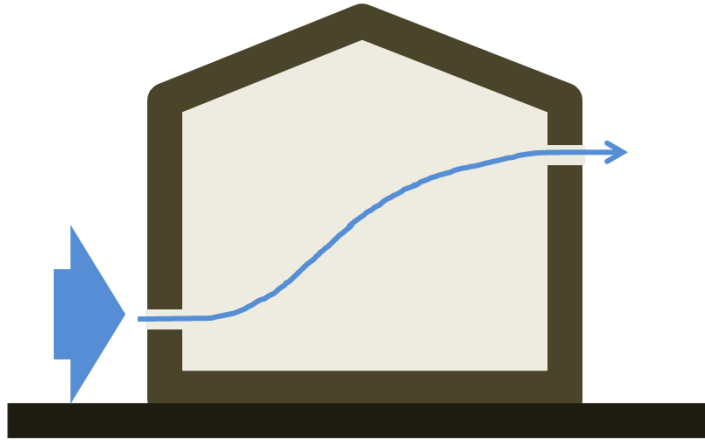


Figura 46. Esquema de enfriamiento tipo fresquera.

5.2.7. Cubiertas y muros verdes (Naturados)

La cubierta verde es un sistema constructivo que combina la inercia térmica de la cubierta con la refrigeración evaporativa (Figura 47). Se componen de vegetación, sustrato, impermeabilización, aislamiento y elemento portante. Su funcionamiento se debe a que el aire y el agua retenida por la vegetación y el sustrato permiten un mejor aislamiento térmico y atenuación de las oscilaciones térmicas en la vivienda (Biourb, 2015).

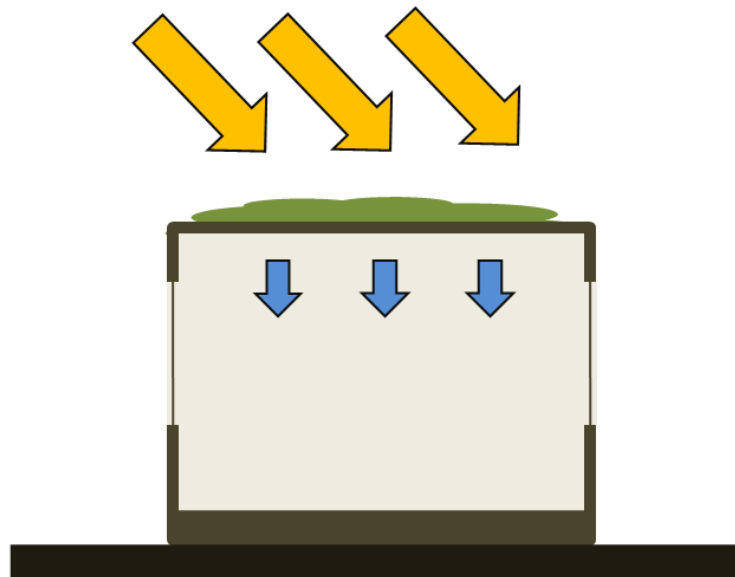


Figura 47. Funcionamiento de Cubierta Verde.

El muro verde es un elemento vegetal próximo a un cerramiento exterior del edificio que se interpone total o parcial entre la radiación solar y el propio cerramiento, de tal modo

que evita que la mayor parte de la radiación incida sobre el mismo y disminuye la entrada de calor hacia el interior del edificio (Figura 48).

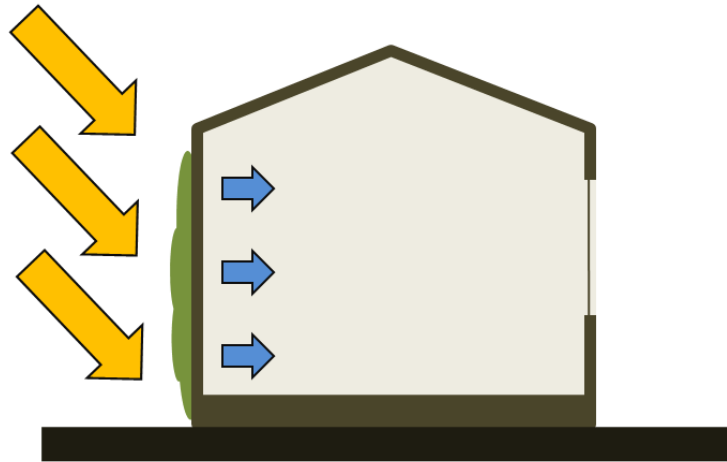


Figura 48. Funcionamiento de Muro Verde.

5.2.8. Enfriamiento evaporativo

El enfriamiento evaporativo es un tipo de enfriamiento natural para el desarrollo óptimo de los usuarios, generando humedad y temperaturas más bajas. Su funcionamiento se produce debido al aprovechamiento del calor del agua que se evapora al tener contacto con el aire a mayor temperatura (Gea & Lesimo, 2000).

Es importante mencionar que, dada la humedad relativa que da lugar a lo largo del año en la Ciudad de Ensenada (HR_{\min} de 40,0 % en enero, mes seco, y HR_{\max} de 92,0 % en agosto, mes húmedo), las técnicas de diseño pasivo que derivan de esta estrategia, únicamente se presentan para efectos informativos, no para aplicación para proyectos emplazados en dicha ciudad, a menos que las condiciones higricas del microclima en el cual se pretende emplazar el proyecto así lo requiera.

5.2.8.1. Directo

El enfriamiento evaporativo directo es aquel que permite disminuir la temperatura interna de un edificio por la humidificación del aire al estar muy próxima a un cuerpo de agua. Está técnica se puede apreciar aplicada en el proyecto Casa G, Argentina (*pág. 114*).

5.2.8.2. Indirecto

El enfriamiento evaporativo indirecto es el que disminuye la temperatura interna del edificio sin aportar humedad adicional al interior.

5.2.8.3. Fuentes

Las fuentes, como elemento para humidificar un espacio funcionan debido a que los chorros de agua están bajo la radiación directa del sol, lo que genera una evaporación de la misma y al estar en contacto con el aire, es ingresada a los espacios (Figura 49).

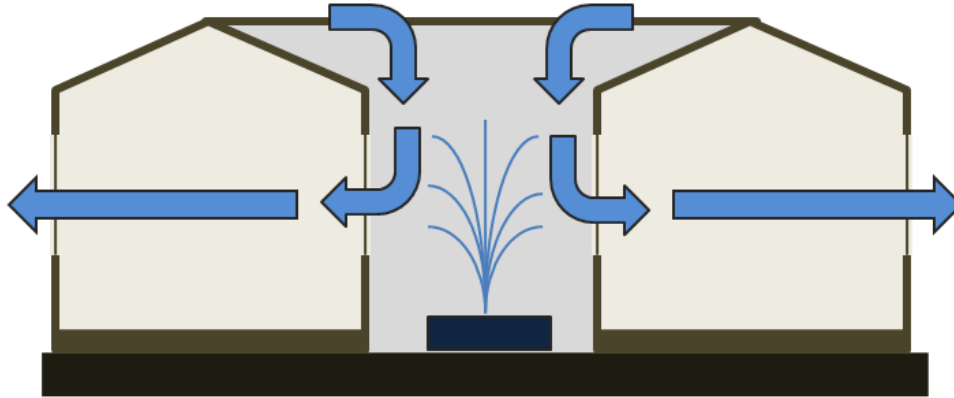


Figura 49. Esquema de humidificación por fuentes.

5.2.8.4. Espejos de agua

Los espejos de agua, funcionan muy similar a las fuentes de agua. En esta técnica el cuerpo de agua está en un nivel suprimido, por lo cual se recomienda que este éste orientado a la dirección de los vientos de manera que sea más rápida la humidificación en el espacio (Figura 50). Esta técnica se puede apreciar aplicada en el proyecto Casa G, Argentina (pág. 114).

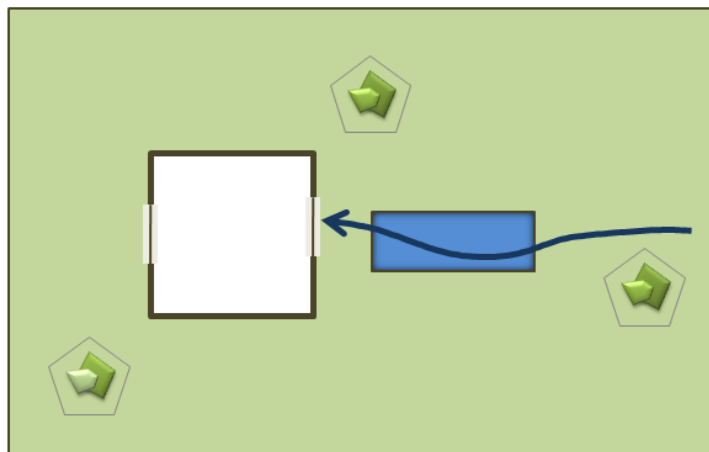


Figura 50. Esquema de humidificación por espejos de agua.

5.2.8.5. Muro llorón

El muro llorón, es una pared con un flujo de agua continuo; utilizada como técnica de diseño pasivo permite enfriar y humidificar los espacios interiores por medio de la evaporación del cuerpo de agua (Figura 51).

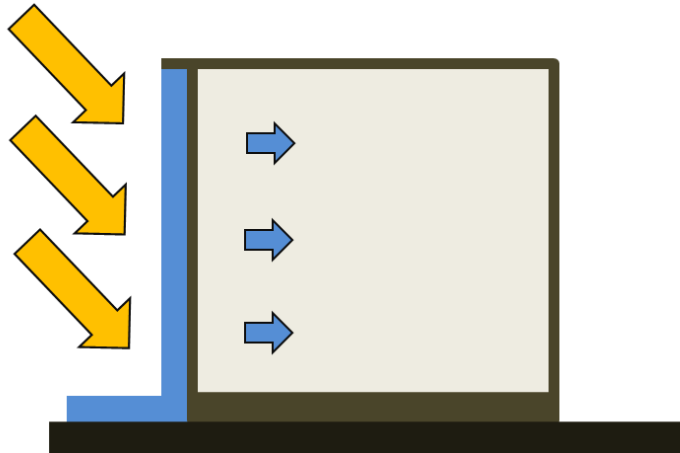


Figura 51. Funcionamiento de Muro Llorón.

5.2.8.6. Cubierta de agua

La cubierta de agua, es una técnica que funciona para calentar, enfriar o humidificar un espacio, debido a su operatividad. Se compone por una masa de agua, una cámara de aire (Figura 52) y una placa de polietileno para cubrirla cuando las condiciones climáticas lo requiera (Herrera et.al., 2014).

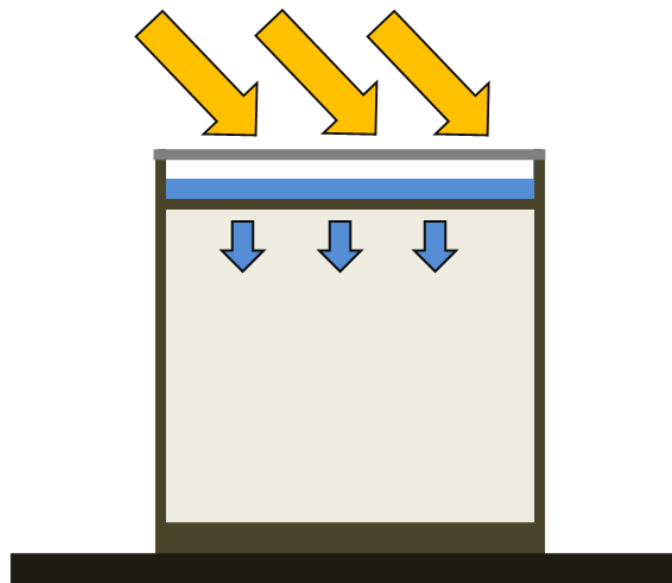


Figura 52. Funcionamiento de cubierta de agua.

5.2.9. Sombreado (malla sombra)

El uso de Malla Sombra como elemento para generar sombra se utiliza en el área exterior de la vivienda, ésta protege al elemento (muro o cubierta) al cual sombrea de la exposición directa de los rayos solares y al mismo tiempo permite el paso de la luz (Figura 53) (Lobeira, 2017).

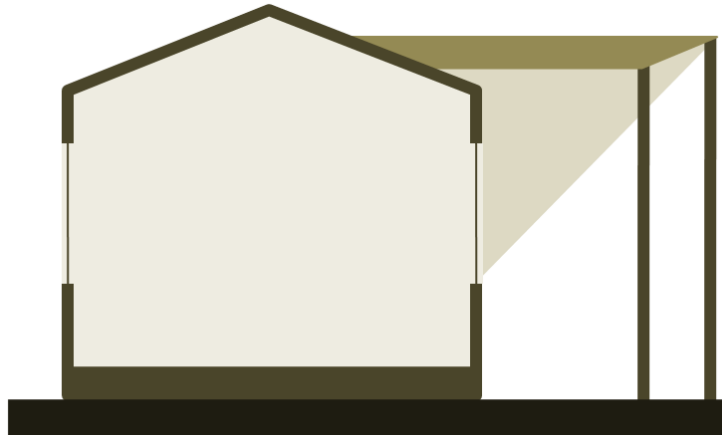


Figura 53. Funcionamiento de Malla Sombra.

5.2.10. Dispositivos de control solar

Los dispositivos de control solar tienen la función de controlar la incidencia de la radiación solar en los vanos o elementos expuestos en fachada o cubierta, con el fin de evitar, durante los periodos cálidos, el sobrecalentamiento de los espacios habitables, y, durante periodos fríos, promover su ingreso. Una variación de esta técnica, puede apreciarse aplicada en el proyecto Casa G, Argentina (pág. 114). A continuación se presentan los más utilizados según Zambrano (2013).

5.2.10.1. Volado/ Cantiliver

Es un elemento que sobre sale del plano vertical del edificio, este puede ser ajeno a la construcción o formarse mediante la extensión del elemento que soporta el techo o entrepiso de un edificio (Figura 54).

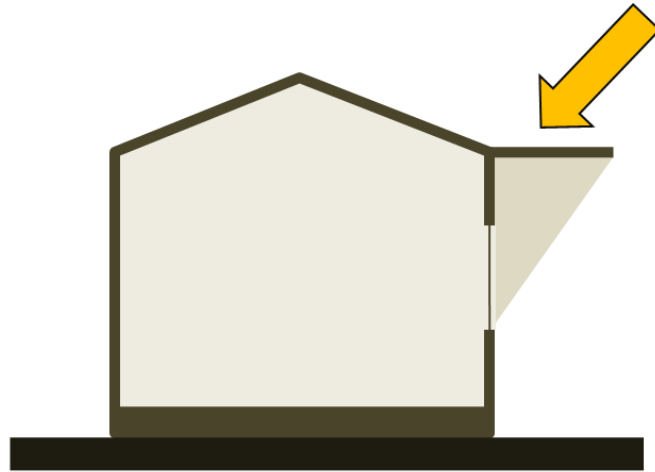


Figura 54. Esquema de elemento volado.

5.2.10.2. Partesoles

Los partesoles son elementos horizontales, utilizados para proteger la fachada sur, debido a que permiten la entrada del sol bajo en invierno, mientras que en verano se protege totalmente con una obstrucción mínima de la vista (Figura 55).



Figura 55. *Izquierda.* Esquema frontal de partesoles. *Derecha.* Vista lateral de partesoles.

5.2.10.3. Parteluces

Los parteluces son elementos verticales, utilizados para proteger las fachadas: norte, este y oeste, debido a que estas son en las que se tiene menor control de la incidencia solar (Figura 56).

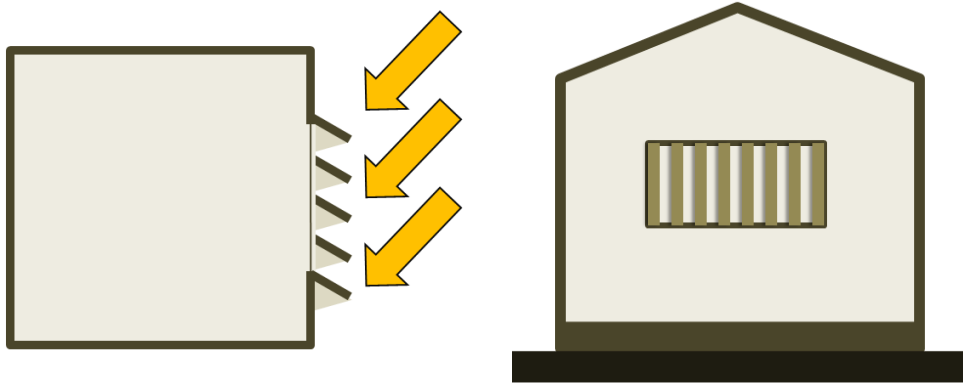


Figura 56. *Izquierda.* Vista en planta de parteluces. *Derecha.* Esquema frontal de parteluces.

5.2.10.4. Pérgolas

Las pérgolas son elementos en un área adyacente a la construcción, diseñados para lograr un sombreado en el espacio generado y en la vivienda (Figura 57).

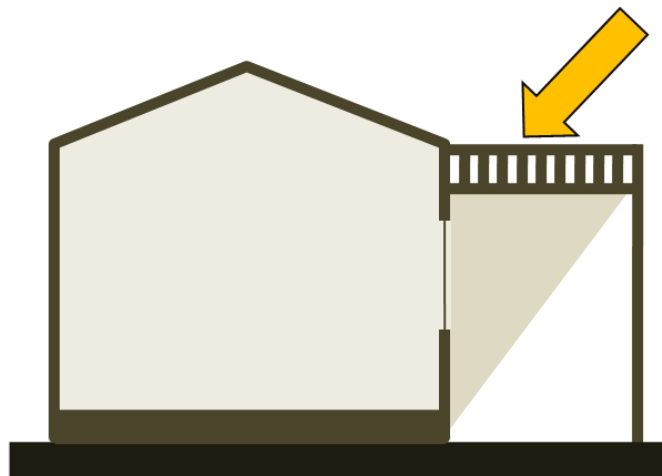


Figura 57. Esquema de pérgola.

5.2.10.5. Marcos

Los marcos son una volumetría que sale del plano vertical de la ventana, su función es proteger del sol y la lluvia a esta; además de reducir las ganancias térmicas dentro del espacio (Figura 58).

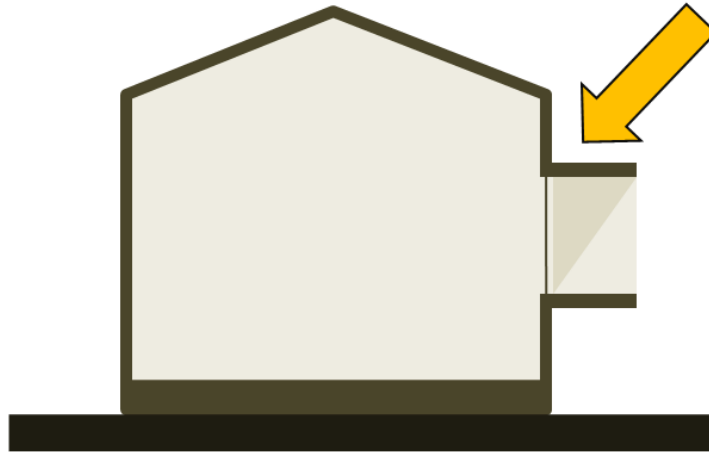


Figura 58. Esquema de marcos.

5.2.10.6. Celosías

Las celosías son elementos decorativos, que tienen como función generar sombra, permitir el acceso de los rayos solares y del viento al interior de los espacios (Figura 59).

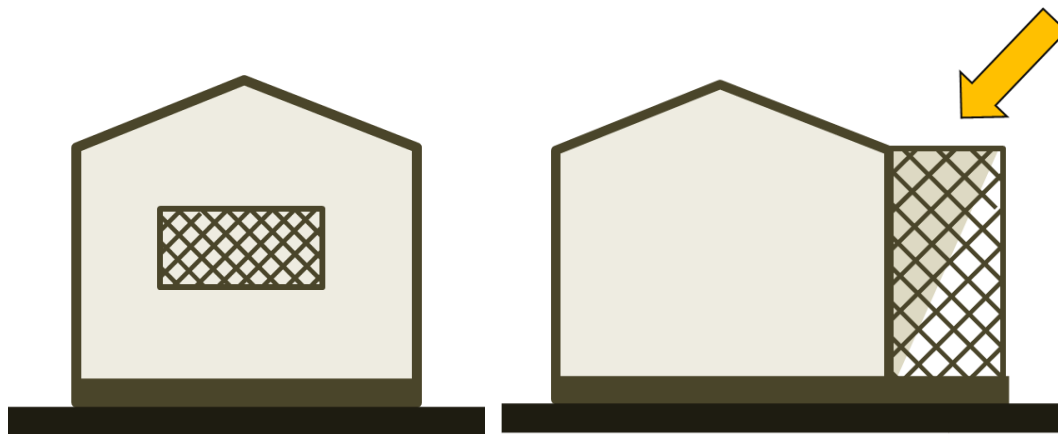


Figura 59. *Izquierda.* Vista frontal de celosías. *Derecha.* Esquema lateral de celosías.

5.2.10.7. Persianas

Las persianas son elementos verticales u horizontales, que permiten manipular el paso de la luz y los vientos, al mismo tiempo que protege de la radiación solar; esto debido a generalmente giran en alguno de sus ejes (Figura 60).

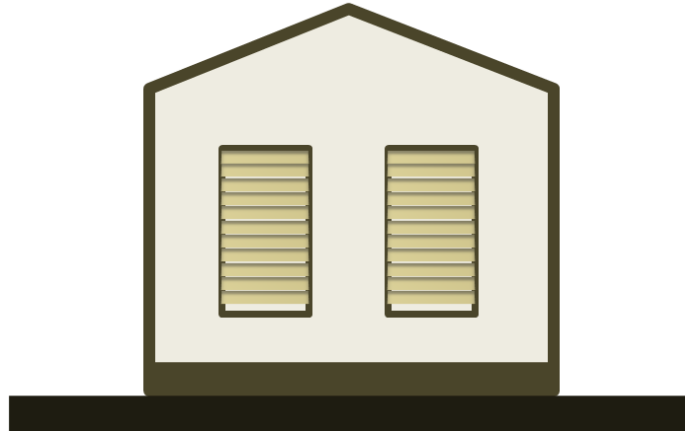


Figura 60. Esquema de persianas.

5.2.11. Doble muro

El uso de doble muro como sistema de enfriamiento pasivo, funciona debido al espacio que se encuentra entre las paredes, ya que éste actúa como aislante permitiendo que la entrada de calor generado por la radiación solar en la envolvente, tarde más en entrar en el interior de la vivienda (Figura 61).

Según Galimberti *et. al.* (2010), el comportamiento del muro doble tiene una estabilidad mayor, obteniendo temperaturas interiores levemente inferiores al de la pared tradicional.

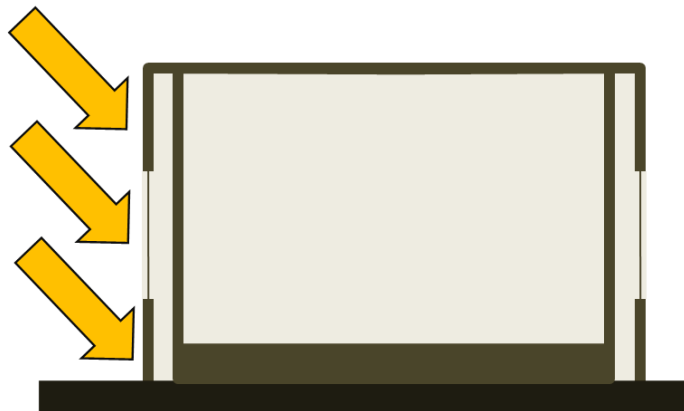


Figura 61. Funcionamiento del Doble muro.

5.2.12. Doble cubierta

La doble cubierta consiste en una cubierta en la parte superior, una placa que actúa como cuerpo para absorber el calor y una estructura aislada que da soporte a los elementos anteriores (Ávila Gómez, 2010).

Esta técnica pasiva de enfriamiento, funciona por un lado a que el elemento superior genera sombra en la estructura aislada; y por otro a que el espacio entre cubiertas es ventilado, disipando el calor que ahí se pudiera conservar (Figura 62).

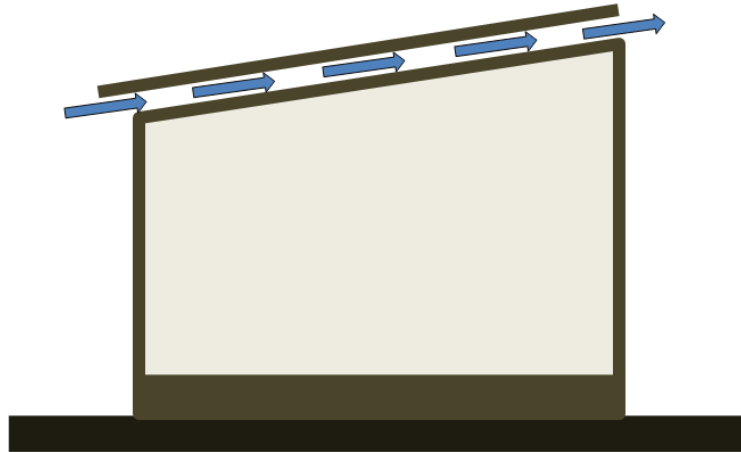


Figura 62.Funcionamiento de la doble cubierta.

5.2.13. Cámara plena

Es un espacio semicerrado ubicado por encima de un techo falso, funciona como una caja con aperturas con rejillas en sus caras laterales donde el circular del viento entra y distribuye el aire directamente a los espacios debajo y encima de éste (Figura 63), con la finalidad de refrescar los interiores (Sánchez López, 2004).

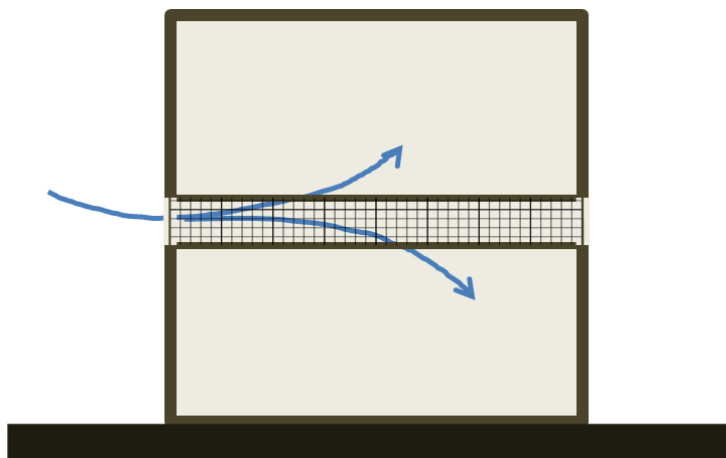


Figura 63. Esquema de funcionamiento de la cámara plena.

Esta técnica se recomienda en construcciones de más de un nivel, de manera que la cámara plena será utilizada en ambos niveles: a través del plafón del nivel inferior y por medio del entrepiso del nivel superior.

5.2.14. Ventanas Low-E

Las ventanas Low-E están elaboradas de vidrios con recubrimiento de baja emisividad, reflejan menos luz visible y reducen la entrada directa de energía solar a la construcción (Figura 64) (Guard An Industries Corp., 2010).

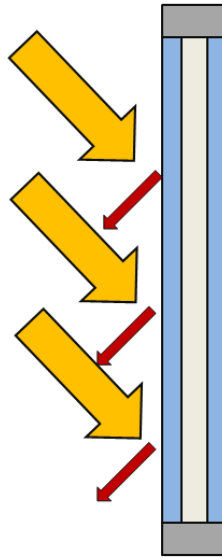


Figura 64. Esquema de ventana Low-E.

Esto se debe a que la emisividad mide la intensidad con que un objeto emite o irradia el calor absorbido. Cuanto más bajo es el valor de la emisividad, más eficiente es el vidrio en la reducción del calor transmitido por conducción, un vidrio Low-E tiene el 0,15 de emisividad, lo que significa que sólo el 15% del calor absorbido por el vidrio es re-emitido (Vidriera Argentina S. A., 2014).

Se recomiendan este tipo de ventanas en la fachada oeste si no se propuso algún sistema de control solar para esa fachada, ya que esta orientación tiene mayor incidencia solar a lo largo del día. Esta técnica se puede apreciar aplicada en el proyecto Casa G, Argentina (pág. 114).

5.2.15. Patios internos

En México se ha utilizado el patio sombreado como medio de refrigeración para las viviendas. El patio, al centro debe ser cubierto en los días de mucho asoleamiento, con algún dispositivo de control solar (celosía, persianas o caratulas móviles) que impidan el paso del sol y permitan la ventilación (Deffis, 1989).

Los árboles y el cuerpo de agua en el interior del patio producen el efecto de enfriamiento evaporativo, que sumado a la ventilación natural, refrescan aún más la casa

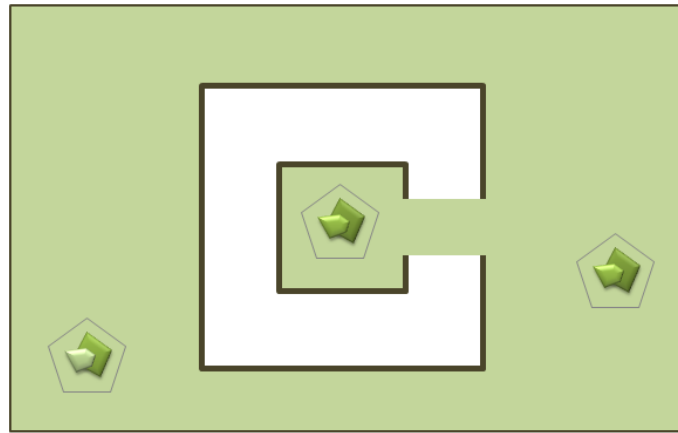


Figura 65. Esquema de patios interiores.

5.3. Humidificación

La estrategia de humidificación se genera para cubrir los requerimientos hídricos durante los periodos fríos de un año tipo de la ciudad de Ensenada.

5.3.1. Vegetación

El uso de vegetación es una técnica efectiva para el control ambiental, de espacios interiores y exteriores de la vivienda.

En períodos cálidos, la vegetación arbórea genera sombra, impidiendo que la envolvente de los edificios generen ganancias de térmicas. Además, la transpiración de las hojas de los árboles, permite que disminuya la temperatura del aire en contacto con ellas (Bustamante et. al., 2009).

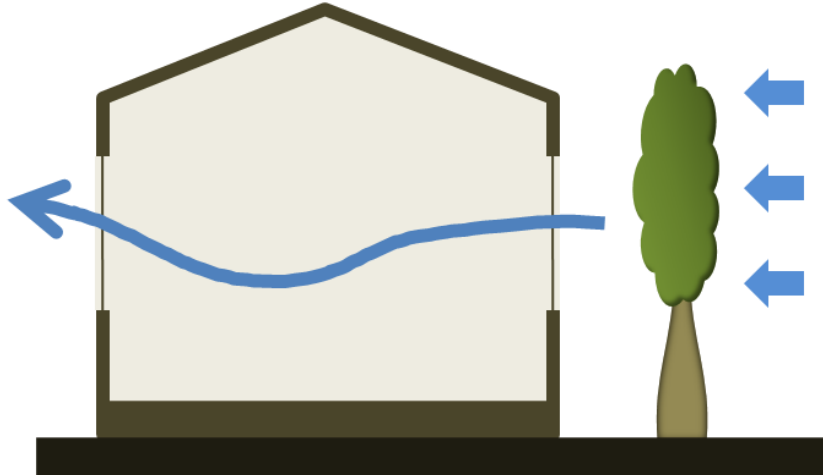


Figura 66. Esquema de humidificación por vegetación.

5.3.1.1. Vegetación perenne

La vegetación perenne es aquella que su evento de floración se da dos o tres veces, permitiendo que tenga follaje durante todo el año (Casiano & Paz, 2014), sus hojas llegan a la transpiración (evaporación) y así enfriar el sistema urbano (Barradas, 2013).

5.3.1.2. Vegetación caducifolia

La vegetación caducifolia es aquella que su evento de floración se da solo una vez (Casiano & Paz, 2014), Este tipo de vegetación es recomendable en fachadas que se desean humidificar solo en el periodo cálido, ya que estas plantas pierden sus hojas en el periodo frío (evitando llegar a la transpiración) (Barradas, 2013); al perder sus hojas en el periodo otoño-invierno no transpiran y no enfrían el sistema urbano.

5.4. Deshumidificación

Las estrategias de deshumidificación se proponen, porque Ensenada cuenta con una humedad relativa alto durante todo el año (HR_{\min} mayor al 40 %).

5.4.1. Esquema palafito

El esquema palafito consiste en un espacio o edificación soportada por pilotes, de un diseño sencillo, por lo general en forma rectangular (Martín, 2016). Por lo anterior, la construcción de vivienda sobre pilotes logra una continua ventilación por piso que contribuye en mantener deshumidificados los espacios, si es orientada de acuerdo a la dirección de los vientos (Acevedo, Casallas, & Pardo, 2016) (Figura 67). Esta técnica se

puede apreciar aplicada en el proyecto Campus de la Universidad de Manitoba, Canadá (pág. 120).

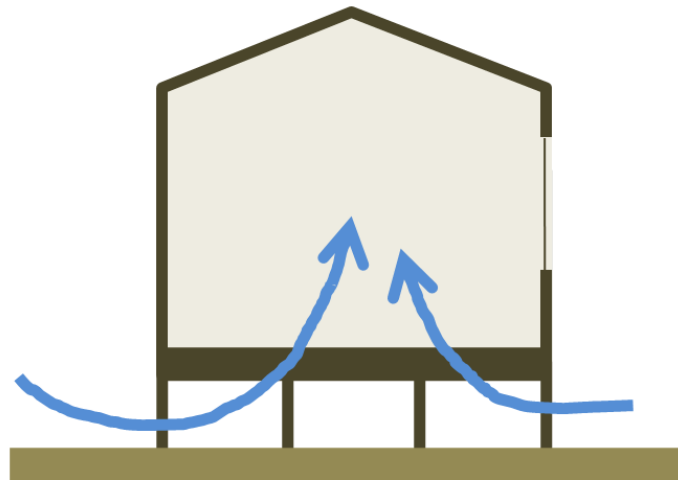


Figura 67. Esquema de funcionamiento del esquema palafito.

5.5. Conclusión

Las técnicas de diseño pasivo que se proponen atienden los requerimientos obtenidos en el análisis climático-bioclimático de la ciudad de Ensenada; su implementación depende del entorno en el que se emplaza el proyecto, las actividades desarrolladas de acuerdo a un horario ocupacional y el presupuesto de la construcción, entre otros aspectos. Será el diseñador quien analice y tome la decisión, de acuerdo con las condiciones particulares del proyecto y del sitio en el que se pretenda emplazar, de integrar una o varias técnicas de diseño pasivo para lograr las condiciones de confort de sus usuarios.

Capítulo VI.

PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS EN LOS QUE SE APLICAN TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS PRESENTADAS EN EL MANUAL

A modo de ejemplo, a continuación se describen algunos proyectos arquitectónicos que contemplan parte de las técnicas bioclimáticas presentadas en el Manual de Diseño Pasivo Arquitectónico desarrollado en el capítulo anterior. Dicha descripción está basada en la utilización de estas técnicas durante la vida útil y operativa de cada proyecto.

6.1. Casa G, Argentina

La siguiente información fue recabada del portal de internet relacionado a la difusión de obras arquitectónicas llamado Arquimaster.com.ar (2014).

La Casa G se ubica en el Club de Campo las Cañuelas, Ruta 3, Km 56,300, Cañuelas, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Es una vivienda unifamiliar desarrollada en dos plantas con una superficie construida de 359 m² cubiertos + 125 m² semicubiertos, superficie del lote de 1 239,83 m² con las siguientes medidas: Frente 18 m, fondo 34,07 m, lateral derecho 50,71 m, lateral izquierdo 53,22 m.

La Casa G integra de manera sustentable, eficiente y funcional, criterios, sistemas y tecnologías bioclimáticos descritas a continuación:

Diseño bioclimático

- Las plantas fueron orientadas respecto al *eje térmico* y al *eje eólico*, para adoptar estrategias de climatización pasiva, aprovechando la luz solar y ventilaciones cruzadas (Figura 68).



Figura 68. Planta arquitectónica de la Casa Sustentable

- La ubicación de la piscina permite un enfriamiento evaporativo, ya que el aire caliente proveniente del norte hace que descienda su temperatura al pasar sobre el espejo de agua (Figura 69).



Figura 69. Diseño y funcionamiento del espejo de agua.

- El living cuenta con una sección central de doble altura, con una ventana central superior de apertura regulable; aprovecha el efecto chimenea, permitiendo mantener el espacio fresco en verano y aporta iluminación natural (Figura 70).



Figura 70. Efecto chimenea (ventilación forzada).

Aislamiento térmico eficiente

El aislamiento térmico de esta casa se encuentra en techos, muros y pisos, logrando coeficientes de transmitancia térmica que quintuplican la eficiencia térmica de una construcción estándar. Hablando específicamente del aislamiento en techos, estos fueron conformados utilizando bloques de EPS (Figura 71).



Figura 71. Aislamiento en techo con bloques de EPS.

Energía solar térmica

La casa cuenta con cuatro *colectores solares* ubicados en el techo, orientados al norte (Argentina se encuentra en el hemisferio sur). Calientan el ACS aprovechando las radiaciones solares, permitiendo un ahorro anual mayor al 85 % (Figura 72).



Figura 72. Captador solar en techo.

Suelo radiante sectorizado

Es más eficiente que utilizar radiadores ya que la temperatura a la que hay que calentar el agua es menor. Es el sistema más saludable, ya que promueve el calor desde los pies hacia la cabeza. El uso de termostatos en cada ambiente (sectorizado) permite climatizar solo los espacios ocupados y regular la temperatura de manera independiente (Figura 73).

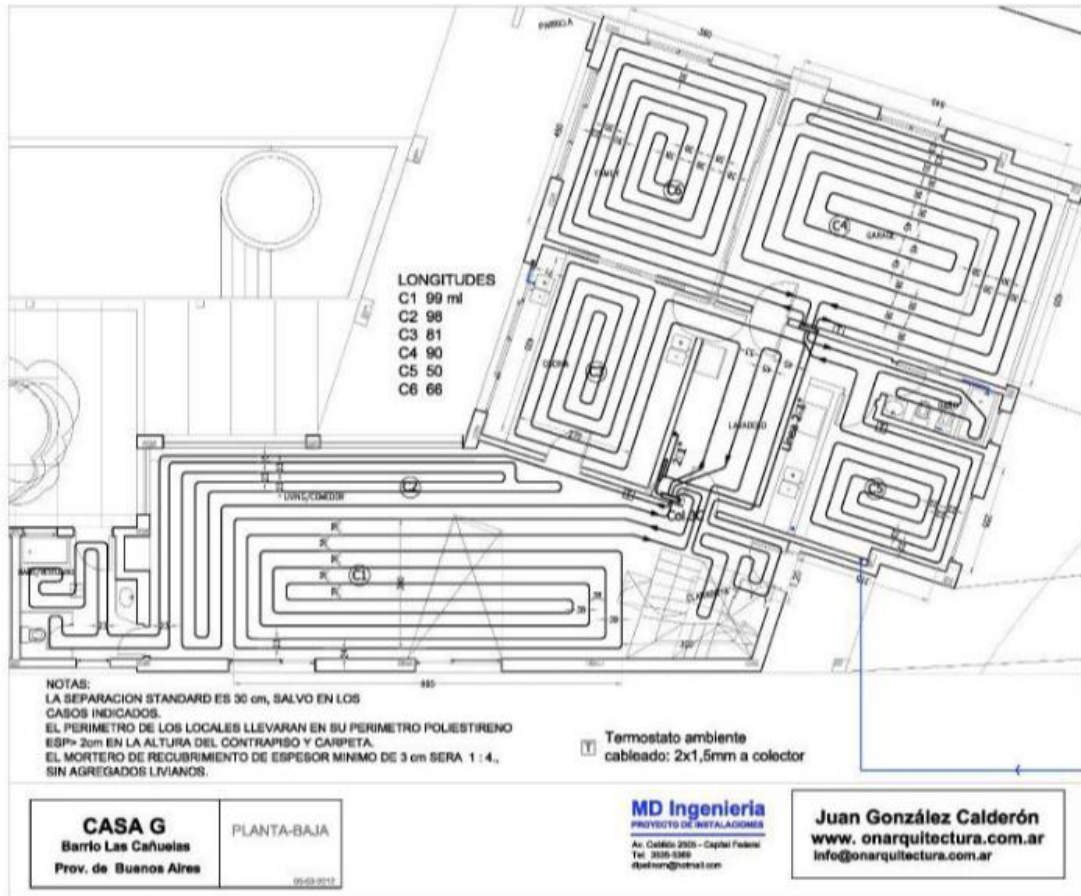


Figura 73. Planta de distribución de piso radiante.

Carpinterías

- Se utilizó DVH (doble vidrio hermético), tiene un espesor total de 21 mm y está conformado por un vidrio externo laminado compuesto de 3 mm + 3 mm, luego una cámara de aire de 9 mm y finalmente un vidrio interno de 6 mm. El laminado es una medida de seguridad obligatoria que además mejora ligeramente el comportamiento térmico del vidrio (Figura 74).
- El control solar en las ventanas se logra debido a la utilización de cortinas tipo barrio, las cuales son de aluminio tubular y tienen la ventaja, de controlar la apertura y cierre total o parcial de la misma (Figura 74).



Figura 74. Carpintería: Ventanas especiales con dispositivo de control solar.

6.2. Escuela Teniente Merino de Cochrane, Chile

Artículo obtenido del Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos (2012).

La escuela se ubica en la XI Región de Aysén, en la comuna de Cochrane, provincia de Capitán Prat. El edificio cuenta con una reposición del sector antiguo del establecimiento, correspondiente a una demolición y ampliación de dos volúmenes existentes. La superficie total construida, en uno y dos pisos, corresponde a 1 816 m².

Debido a su localización geográfica, integra en su diseño *el invernadero* (Figura 75); el cual tiene un funcionamiento favorable. En su construcción se utilizaron cerramiento en doble vidrio hermético (DVH), en todas sus caras. Esto permite evitar, la rápida pérdida de calor en los meses fríos (Figura 76).

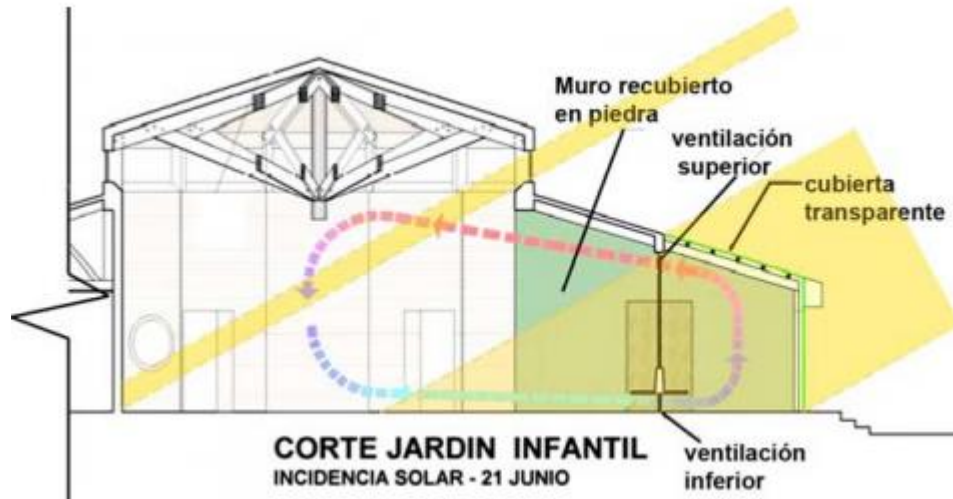


Figura 75. Detalle de corte de efecto invernadero en el jardín infantil de la Escuela Teniente Merino



Figura 76. Detalle construido del efecto invernadero

6.3. Campus de la Universidad de Manitoba, Canadá

Información obtenida del Master: Arquitectura tradicional Colombiana como sistema pasivo de aprovechamiento energético (Martín, 2016).

El proyecto está ubicado sobre un estanque natural de agua en Canadá. Está revestido de acero oscuro y cuenta con un muro cortina de cristal que envuelve un volumen

alargado y sencillo de 12 m por 84 m. Los aspectos que determinaron los criterios bioclimáticos de diseño, fueron el clima y su ubicación geográfica.

Este proyecto integra en su diseño el esquema palafito (Figura 77), en este caso, debido a la longitud del volumen se colocaron grandes pilotes redondos en acero estructural hueco.



Figura 77. Campus de la Universidad de Mantoba.

CONCLUSIONES FINALES

El proceso de diseño arquitectónico y urbano contemporáneo ha reflejado, desde inicio del siglo XIX y, en particular, en las últimas décadas, una falta de atención al entorno natural en el que se proyecta; en parte, por la falta de indicadores que permitan realizar una propuesta armónica a las condiciones naturales del entorno y que, de forma paralela, permitan responder adecuadamente a los requerimientos del usuario, y por otra parte, a la falta de conciencia profesional en la que se ha vertido el arquitecto actual al resolver las problemáticas de forma correctiva (durante la operación del edificio), y no de manera anticipada (durante la conceptualización del diseño). Lo anterior, debido a que actualmente la tecnología ha avanzado (y sigue evolucionando) al grado de generar de una forma óptima microclimas *ad hoc* a requerimientos muy específicos; esto, a un precio económico, energético, ambiental y de salud, que en lo sucesivo impacta de forma directa al usuario, desde el cambio de su estilo de vida, hasta la modificación de los niveles estándar de salud.

El uso irracional de sistemas de calefacción, de enfriamiento y de iluminación eléctrica (mecánicos o automatizados), en la mayoría de los edificios comerciales y residenciales de Ensenada, devela que durante el proceso de diseño en el cual fueron concebidos, el análisis del clima de la ciudad y del entorno natural para un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (vientos, geometría solar, topografía, temperaturas, humedad relativa, etc.), fueron ajenos a la conceptualización de los proyectos, pues dichos sistemas de adecuación representan las medidas correctivas que la operación de los edificios demanda al no haber sido proyectados entorno a las potencialidades naturales que ofrece el entorno en el que se han emplazado.

La temperatura media anual en Ensenada corresponde a 17,3 °C; la humedad relativa, a 75,8 %; la precipitación total anual, a 217,3 mm; y, los vientos dominantes, provenientes del SW, a una velocidad promedio de 2.5 m/s. El periodo cálido consta de tres meses (de julio a septiembre), en los nueve meses restantes predominan las condiciones frías a lo largo del día, acentuándose de forma pronunciada de diciembre a mayo, lo que demanda requerimientos constantes de calentamiento en nueve de los doce meses del año. La humedad relativa promedio se encuentra por encima de la de confort (70 %) de febrero a octubre, lo que implica deshumidificación por medio de ventilación o medios artificiales, con el fin de evitar la formación de hongos y de moho en los espacios interiores, situación común en los edificios de ciudad.

A través de las técnicas pasivas de diseño arquitectónico propuestas en este documento, es posible lograr que de forma bioclimática se atiendan los requerimientos de calentamiento, enfriamiento, humidificación y deshumidificación de los diferentes periodos de un año típico, ahorrando recursos económicos en la operación y el mantenimiento de los edificios, eficientando el uso racional de la energía, contribuyendo en la confortabilidad integral de sus espacios interiores y promoviendo un equilibrio con el medio ambiente.

Son diversas las técnicas de diseño que se ofrecen en este manual para atender de forma determinante cada uno de los requerimientos antes mencionados, por lo que, de acuerdo con la actividad a desarrollar en cada uno de los espacios arquitectónicos del edificio, su horario ocupacional, el presupuesto con el que se cuenta para su construcción y el entorno en el que se pretenda emplazar, es posible integrar una o varias de las técnicas propuestas en el capítulo 5 en aras de contribuir de forma significativa en lograr las condiciones de confort deseables en un hábitat sano. Lo anterior deberá ser estudiado detenidamente por el proyectista con el propósito de evitar integrar de forma excedente diferentes técnicas para un mismo fin y genere condiciones sobradas de determinada estrategia. Se proponen diferentes técnicas en aras de seleccionar la que se adecue al proyecto a desarrollar.

Ensenada cuenta con un bioclima templado seco, por lo que de atender las técnicas de diseño pasivo presentadas en el manual aquí contenido, es posible lograr las condiciones de confortabilidad deseadas de forma pasiva, sin la integración de sistemas de acondicionamiento térmico o lumínico que demanden un consumo constante de energía y, por ende, un recurso económico durante su operación. Lo anterior permite, de forma paralela, contribuir a una afectación constante al medio ambiente por motivo de uso de los edificios; ello, sin tomar en cuenta el uso irracional de energía que, por iluminación o acondicionamiento, es utilizado para lograr microclimas deseados.

Un edificio proyectado con una adecuada orientación, volumetría, forma, sombreado, color, sistema constructivos, acabados, dispositivos de control solar y, en general, en atención a las condiciones naturales del entorno, garantiza niveles de temperatura, iluminación, ventilación y humedad necesarios para brindar un ambiente saludable para el usuario, sin requerir de mayor cantidad de recursos que los ya utilizados en el proceso de diseño convencional actualmente empleado por los arquitectos contemporáneos.

RECOMENDACIONES

Las estrategias y las técnicas de diseño pasivo disponibles en este manual son de carácter genérico, es decir, son esquemas universales que pretenden dar un acercamiento al arquitecto y al urbanista de las posibilidades con las que cuenta para integrar en sus proyectos en aras de lograr condiciones de habitabilidad acordes a los parámetros climáticos de Ensenada; sin embargo, serán ellos quienes, de una forma cautelara y responsable, decidan en qué espacios habitables aplicar cada una de esas técnicas según su actividad y su horario ocupacional.

En general, las diversas técnicas aquí presentadas requieren de un diseño o un dimensionamiento específico de acuerdo con cada proyecto, su ubicación y su orientación, por lo que el diseñador deberá remitirse a diferentes literaturas que le permitan tal fin. Ejemplo de ello son los dispositivos de control solar que, en función de la geometría solar, deberán diseñarse para cada una de las fachadas; uno más es la masa térmica requerida en algunas de las técnicas de diseño pasivo, pues, según la implementación y el material (o sistema constructivo) con los que se pretenda lograr, será el espesor que deberá emplear en la propuesta; de igual forma, el tamaño de las ventanas, ya sea para iluminación o ventilación, deben ser diseñadas para alcanzar los resultados esperados.

En resumen, los esquemas aquí presentados corresponden a las diferentes técnicas que podrían ser integradas en los diseños arquitectónicos o urbanos, no así, se indican espesores, alturas, dimensiones o materiales específicos para cada una de ellas.

Lo anterior permite visualizar a este trabajo de investigación, como inicio de posteriores tesis o investigaciones cuyo producto permita ofrecer detalles técnicos específicos de cada una de las técnicas aquí presentadas, en aras de contribuir de una forma determinante en el proceso de diseño convencional que actualmente el arquitecto contemporáneo ha adaptado en su quehacer profesional.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, D., Casallas, I., & Pardo, A. (2016). *Proyecto Biajaiba para el mejoramiento urbano-arquitectónico para la comunidad de Puerto Saija, Timbiquí-Cauca*. Bogotá, Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Alvear et. al, A. (2016). Un enfoque sobre estrategias de diseño bioclimático: Caso Ecuador. *Declaraciones consensuadas del Seminario-Taller: "Arquitectura Sostenible"*.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (2010). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta.
- Andrades, M. R. (2012). *Fundamentos de Climatología*. La Rioja, Argentina.: Universidad de la Rioja, Servicio de Publicaciones.
- Arquimaster. (05 de Febrero de 2014). Recuperado el 24 de Septiembre de 2018, de <http://www.arquimaster.com.ar/web/la-casa-g-la-casa-sustentable-en-argentina-on-arquitectura/>
- Auliciems, A., & Szokolay, S. (1997). Thermal Comfort. *Notes of Passive and Low Energy Architecture International, núm. 3, Brisbane: PLEA – University of Queensland*.
- Ávila Gómez, A. &. (2010). *Evaluación energética de un colector solar de placa plana de doble cubierta*. Ingeniería y Desarrollo. Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte.
- Barradas, V. L. (2013). *La isla de calor urbana y la vegetación arbórea*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Biourb. (2015). *Manual práctico de soluciones constructivas bioclimáticas para la arquitectura contemporánea*. Junta de Castilla y León.
- Blender, M. (2015). *Acondicionamiento térmico de vivienda existe*. Santiago, Chile: Corporación de Desarrollo Tecnológico y Cámara Chilena de la Construcción.
- Bustamante et. al., W. (2009). *Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social*. Santiago, Chile: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- Bustamante, D. M. (2014). *Dispositivos de Control Solar: La Profundidad de la Envolvente*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Casiano, M., & Paz, F. (2014). *Caracterización fenológica de bosques tropicales caducifolios usando información central: experimentos con componentes*. Montecito, Estado de México: Grenaser.

- Castro, M. E. (1999). *Habitabilidad, medio ambiente y ciudad. 2° Congreso Latinoamericano: El habitar. Una orientación para la investigación proyectual*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- CONAFOVI. (Mayo de 2006). Recuperado el 14 de Junio de 2018
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (05 de Febrero de 1917). *Orden Jurídico del Gobierno de México*. Recuperado el 14 de 04 de 2017, de Orden Jurídico del Gobierno de México: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/articulos/27.pdf>
- Cruz Cervantes, R. I. (2018). *Modelo bioético para el análisis de la habitabilidad en la vivienda*. Ciudad de México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- David, L., & Gordon, C. (2007). *¿Qué es el calentamiento global?* España: ONIRO.
- de Herde, A. (1997). *Arquitectura y Clima*. Galicia: Vigo, Colegio de Arquitectos de Galicia.
- Deffis, A. C. (1989). *La casa ecológica autosuficiente para clima cálido y tropical*. México: Concepto, S. A.
- Documentos de Investigación Técnica Infonavit. (1989). *Manual para el diseño bioclimático y ecotécnicas en conjuntos habitacionales*. México, D.F.: INFONAVIT.
- Evans, J. (2007). *The Comfort Triangles: A New Tool for Bioclimatic Design*. Tesis Doctoral, Technische Universiteit Delft.
- Fernández García, F. (1994). Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos. En F. G. Felipe, *Serie Geográfica*. Madrid: Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid.
- Fuentes, V. (2004). *Clima y Arquitectura*. México: Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Unidad Azcapotzalco.
- Fuentes, V., & Figueroa, A. (1990). *Criterios de Adecuación Bioclimática en la Arquitectura*. México: Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Galimberti, P., Romero, F., Ziletti, M., & Adaro, J. (2010). *Enfriamiento por Ventilación nocturna. Estudio del comportamiento térmico dinámico de distintos sistemas constructivos de pared, para la ciudad de río cuarto*. Río Cuarto: ASACES.
- Gálvez, D. M. (2004). *Atlas del Bioclima de México*. Ciudad de México: Instituto de Ingeniería UNAM.
- Gálvez, D. M. (Febrero de 2004). *Diseño bioclimático de la vivienda*. Ciudad de México, México. Obtenido de http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/si/si_03/te_01/ar_05.pdf

- García, E. (2004). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen [para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana]*. México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, J. R., & Fuentes, V. (1985). *Arquitectura Bioclimática y Energía Solar: Viento y Arquitectura*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Gea, M., & Lesimo, G. (2000). *Caracterización de Paneles Rellenos de Paja Para Enfriamiento Evaporativo*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Gómez-Azpeitia, G., & Bojorquez, G. &. (2007b). *El Confort Térmico: Dos Enfoques Teóricos Enfrentados*. Palapa.
- Guard An Industries Corp. (2010). *Manual Técnico: Build With Light*. Santiago, Chile.: Guardian SunGuard.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Herrera et.al., L. (2014). Porcentaje de horas de confort . *Revista Hábitat Sustentable*, 46-55.
- Huerta, D. (7 de octubre de 2016). Sostenibilidad y Cambio Climático. (C. O. Madrid, Entrevistador)
- Innova. (2012). *Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energetica en Edificios Públicos*. Santiago.
- Jardon, J. J. (1995). *Energía y Medio Ambiente una Perspectiva Económica y Social*. México: UNAM.
- King, D. (1994). *Acondicionamiento bioclimático*. México: UAM-Xochimilco.
- Lobeira, R. (2017). *Edificaciones Sustentables*. Monterrey: Editorial Digital, Tecnológico de Monterrey.
- Luna León, A. (2008). *Diseño y Evaluación de Vivienda Energéticamente Sustentable*. Mexicali: Universidad Autónoma de Baja California.
- Marcó, J. e. (2003). Capitulo 8. Humectadores. En *Guía Técnica para la Prevención y Control de la Legionelosis en Instalaciones*. España: Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral, Ministerior de Sanidad, Servios Sociales y Igualdad.
- Martín, N. D. (2016). *Arquitectura tradicional Colombiana como sistema pasivo de aprovechamiento energetico*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Martínez, J., Fernández Bremauntz, A., & Osnaya, P. (2004). *Cambio climático: una visión desde México*. Coyoacán, México. D. F.: Instituto Nacional de Ecología.
- Mejía Domínguez, D. (2013). *Atlas del Bioclima del Estado de Baja California Sur, México*. México: Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Miranda, E. G. (2003). Distribución de la precipitación en la República Mexicana. *Boletín del Instituto De Geografía, UNAM.*, 67-76.
- Morillón, D., & Oropeza, I. (2009). *Atlas de la ventilación natural para la República Mexicana. Potencial para ahorrar energía en la climatización de edificios*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Morillón, G. D. (2004). Atlas del bioclima de México. *México: UNAM*.
- Ortega, A. (2016). *Sostenibilidad y Evolución*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Pontificia Universidad Católica de Chile. (Abril de 2009). Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social. Santiago, Santiago, Chile.
- Restrepo, E. (2003). *Elaboración de un Proyecto de Investigación*. Colombia: Instituto de Estudios Sociales y Culturales, Pontificia Universidad Jeneriana.
- Revista Autosuficiencia economica. (2010). Aguas grises y negras. *Revista Digital Autosuficiencia economica*.
- Rincón, J.; Fuentes, V. (2014). *Bioclimatic Analysis Tool (BAT)*. México.
- Rodarte, O. E. (2012). *Calefacción hidrónica solar por piso radiante, una alternativa eficiente para climatizar un espacio*. México.: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Ruiz-Lazaritt, S. A. (2017). *Estrategias para el diseño de comunidades habitacionales sustentables en Zapotlán el Grande, Jalisco*. Jalisco: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente.
- Rzedowski, J. (2006). Capítulo 3.Clima. En J. Rzedowski, *Vegetación en México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Sánchez López, C. &. (2004). *Caracterización del efecto suelo, su uso en dispositivos para manejo de materiales* . *Conciencia Tecnológica*. Aguascalientes, México.: Instituto Tecnológico de Aguascalientes.
- Secretaria de Protección al Ambiente. (2014). *Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California*. Baja California.
- Simancas, K. C. (2003). *Reacondicionamiento bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima mediterráneo*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Sosa, M., & Siem, G. (2004). *Manual de Diseño para Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico*. Caracas, Venezuela: Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

- Tamayo, M. (2001). *El Proceso de la Investigación Científica*, Ed. Limusa, Ciudad de México. Ciudad de México: Limusa.
- Varini, C. (1957). *Ecoenvolventes: Entre Continuidad e Innovación*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Varini, C. (2014). Proyecto Biajaiba para el mejoramiento urbano-arquitectónico para la comunidad de Puerto Saija,. *Revista Arte y Diseño*.
- Vidriera Argentina S. A. (2014). *Energy Advantage Low-E: Vidrio pirolítico incolor de baja emisividad*. Buenos Aires, Argentina.: VASA.
- Zambrano, P. P. (2013). *Dispositivos de control solar fijos en clima semicálidos-subhúmedo*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Ziccardi, A. (2015). *Análisis regional de las condiciones de habitabilidad de la vivienda*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.