



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL ESTADO
DE MORELOS

INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA AMBIENTAL

EVALUACIÓN DEL USO DE ESTRATEGIAS
DE DISEÑO SOLAR PASIVO EN EL ESTADO
DE MORELOS Y RECOMENDACIONES QUE
FAVOREZCAN AL AHORRO DE ENERGÍA
EN EDIFICACIONES EN EL ESTADO

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN TECNOLOGÍA AMBIENTAL

P R E S E N T A

ELDA ANAHI HONORATO FLORES

TUTORES:

DRA. GUADALUPE HUELSZ LESBROS

MBT. CARLOS DÍAZ GÓMEZ



JIUTEPEC, MORELOS AGOSTO, 2017



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL ESTADO
DE MORELOS

INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA AMBIENTAL

EVALUACIÓN DEL USO DE ESTRATEGIAS
DE DISEÑO SOLAR PASIVO EN EL ESTADO
DE MORELOS Y RECOMENDACIONES QUE
FAVOREZCAN AL AHORRO DE ENERGÍA
EN EDIFICACIONES EN EL ESTADO

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN TECNOLOGÍA AMBIENTAL

P R E S E N T A

ELDA ANAHI HONORATO FLORES

TUTORES:

DRA. GUADALUPE HUELSZ LESBROS

MBT. CARLOS DÍAZ GÓMEZ



JIUTEPEC, MORELOS AGOSTO, 2017

DEDICATORIA

A mi mujer favorita, Mate. Eres el ejemplo de amor, calidez, tolerancia, respeto, paciencia, rectitud y un sinfín de virtudes . Gracias por siempre confiar, apoyar y nunca cuestionar. Pones el punto de llegada en la vida muy alto y de todo corazón espero algún día ser la mitad de lo que tú eres. Algún día devolveré todo el amor y la entrega que has puesto en mí y en este proyecto de vida. Te amo por siempre.

A mis tíos, Mari y Fede, por ser mis segundos padres, gracias por quererme y cuidarme como a otra de sus hijos, estoy en deuda con ustedes por siempre. El tiempo no me va a alcanzar para devolver todo lo que han hecho por mí.

A mi hermano Fede, por ayudarme cuando mi cabeza ya no podía con más números . A mi hermano May, por verle el lado alegre de mis múltiples bromas y jamás quejarse de los cambios de humor que una estudiante puede llegar a tener.

A Valeria, las palabras no alcanzarían para agradecerte todos los días, sin embargo gracias por sacar mi mejor versión, apoyarme e impulsarme. Por los retos y logros que aún nos faltan, con el corazón te digo que ésto es apenas el comienzo.

A Kimberly, Aaron e Ivan, es un gusto haber compartido con ustedes este camino universitario tan largo, gracias por todo. Espero que nuestros caminos se sigan cruzando.

A mis amigas, Leslie e Isabel. Son las mejores mosqueteras, gracias por hacerme reír tanto en los momentos más estresantes.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Instituto de Energías Renovables (IER) de la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme un lugar en sus instalaciones y permitirme la realización de este proyecto.

A la Dra. Guadalupe Huelsz Lesbros por darme la oportunidad de trabajar en un proyecto bajo su dirección. Es un gusto haber trabajado con una persona como usted.

Al M. Carlos Díaz por brindarme conocimientos, tiempo y consejos, no sólo en este en la realización de este proyecto, también en mi formación como ingeniera.

A todos mis profesores de ITA, por brindarme valiosas enseñanzas y aportaciones en mi formación.

RESUMEN

El diseño solar pasivo acorde al clima ayuda a reducir el consumo energético y los costos ambientales y económicos implicados. El nivel de penetración del diseño solar pasivo en el estado de Morelos no había sido evaluado, por lo tanto en esta tesina se realizó la evaluación de tres estrategias de diseño solar pasivo en viviendas. Se analizó una muestra aleatoria de 270 viviendas distribuidas en todo el estado. La evaluación de las viviendas se realizó a través de imágenes satelitales de Google Earth que permiten evaluar la orientación, color de techo y nivel de sombreado por árboles. Los resultados muestran poco nivel de penetración del diseño solar pasivo en las viviendas. Por lo que el diseñar viviendas en el estado de Morelos considerando estas estrategias de diseño solar pasivo es un área de oportunidad para reducir el consumo energético para climatización de viviendas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. CLIMA	3
2.1.1. <i>Temperatura del aire</i>	3
2.1.2. <i>Humedad relativa del aire</i>	4
2.1.3. <i>Presión atmosférica</i>	4
2.1.4. <i>Precipitación</i>	4
2.1.5. <i>Viento</i>	5
2.1.6. <i>Radiación solar</i>	6
2.2. CLASIFICACIÓN CLIMATOLÓGICA DE KÖPPEN Y GARCÍA	9
2.3. EL ESTADO DE MORELOS Y SUS CLIMAS.....	10
2.4. GRÁFICA SOLAR DEL ESTADO DE MORELOS	13
2.5. EL CONFORT Y LA ARQUITECTURA	14
2.6. DISEÑO BIOCLIMÁTICO Y DISEÑO SOLAR PASIVO.....	16
2.7. BIOCLIMAS.....	16
2.8. ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA MÉXICO	17
2.9. PERÍMETROS DE CONTENCIÓN URBANA.....	19
2.10. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	20
2.11. MÉTODO ESTADÍSTICO	21
2.11.1. <i>Muestreo</i>	21
2.11.2. <i>Organización de los datos</i>	22
2.11.3. <i>Presentación de los datos</i>	22
2.11.4. <i>Análisis</i>	22
2.11.5. <i>Interpretaciones y conclusiones</i>	22
CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES	23
3.1. IMPORTANCIA DE LA ORIENTACIÓN	23
3.2. IMPORTANCIA DEL USO DE COLORES EN TECHOS	24

3.3. IMPORTANCIA DEL SOMBREAMIENTO POR ÁRBOLES.....	25
3.4. ESTUDIOS DEL USO DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO SOLAR PASIVO Y DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO.....	26
CAPÍTULO 4. JUSTIFICACIÓN	29
CAPÍTULO 5. OBJETIVOS.....	31
5.1. OBJETIVO GENERAL	31
5.2. OBJETIVOS PARTICULARES.....	31
CAPÍTULO 6. METODOLOGÍA	33
6.1. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE MUESTRAS.....	33
6.2. DETERMINACIÓN DE LAS VIVIENDAS A EVALUAR.....	34
6.3. ESCALAS PARA EVALUACIÓN DEL USO DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO SOLAR PASIVO: ORIENTACIÓN, COLOR DE TECHO Y NIVEL DE SOMBREADO.....	35
6.4. SISTEMA DE CALIFICACIONES PARA LAS VIVIENDAS.....	39
6.5. EVALUACIÓN DE LAS VIVIENDAS	42
6.6. CÁLCULO DE RESULTADOS.....	43
6.6.1. <i>Distribución de viviendas por clima.....</i>	43
6.6.2. <i>Orientación.....</i>	44
6.6.3. <i>Color de techo</i>	44
6.6.4. <i>Nivel de sombreado por árboles</i>	45
6.6.5. <i>Distribución de viviendas dentro de los perímetros de contención urbana</i>	46
6.6.6. <i>Proporción de viviendas de acuerdo a su agrupamiento</i>	47
CAPÍTULO 7. RESULTADOS, ANÁLISIS Y	49
DISCUSIÓN.....	49
7.1. DISTRIBUCIÓN DE VIVIENDAS POR CLIMA.....	49
7.2. ORIENTACIÓN	50
7.3. COLOR DE TECHO	53
7.4. NIVEL DE SOMBREADO POR ÁRBOLES	55
7.5. DISTRIBUCIÓN DE VIVIENDAS DENTRO DE LOS PERÍMETROS DE CONTENCIÓN URBANA.....	57
7.6. PROPORCIÓN DE VIVIENDAS DE ACUERDO A SU AGRUPAMIENTO	61
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	65

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

A través del tiempo los constructores de viviendas han dejado de considerar al clima en el diseño y construcción de viviendas. Los constructores han optado por utilizar sistemas mecánicos que climaticen el interior de las viviendas, haciendo que el diseño de acuerdo al clima, incluyendo el diseño solar pasivo, ya no sea aprovechado para el confort térmico de los ocupantes de las viviendas. El diseño solar pasivo tiene como objetivo favorecer o evitar la ganancia solar en una vivienda de acuerdo al clima en donde esté localizada. Este tipo de diseño hace posible una reducción en el uso de sistemas mecánicos para climatizar, reduciendo así el consumo de energía y los costos ambientales y económicos implicados (Kruzner, Cox, Machmer, Klotz, 2013).

El presente estudio analiza el nivel de penetración del diseño solar pasivo en el estado de Morelos, con el fin de dar un panorama de las estrategias que se están utilizando y cuáles no y que pueden ser aprovechadas para impulsar la reducción del consumo energético. La orientación, el color de techo y el nivel de sombreado por árboles son las tres estrategias que se evalúan debido al impacto que tienen.

En esta tesina se presenta el marco teórico de este estudio. Se incluyen los antecedentes que permiten comprender la importancia del diseño solar pasivo, la justificación y los objetivos del estudio. Se describe la metodología empleada, donde se incluye información del procedimiento seguido para determinar el número de viviendas aleatorias a evaluar, la forma de analizar cada vivienda, los criterios para determinar si las viviendas están diseñadas de acuerdo al clima en donde se localizan. Se presentan los resultados, el análisis de estos y una discusión de los mismos en términos de estudios previos. Para finalizar, esta tesina contiene las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describe el concepto de clima. Se señalan características generales del estado de Morelos, en particular los climas del estado. Se incluye la gráfica solar para la latitud media del estado. Se presentan los conceptos de diseño bioclimático y diseño solar pasivo, así como las estrategias de diseño bioclimático para los climas del estado de Morelos. También se introducen conceptos de estadística utilizados en la investigación.

2.1. Clima

El clima de un lugar está definido por los valores estadísticos de las variables físicas del aire en la parte baja de la atmósfera y de la radiación solar en una región durante un periodo representativo. Factores que determinan el clima de un lugar son su latitud, altitud, relieve u orografía, cercanía a grandes cuerpos de agua, corrientes marinas y las características de la superficie como son albedo y vegetación (Huelsz, 2016).

A las variables físicas del aire en la parte baja de la atmósfera y los valores de radiación solar se conocen como variables climatológicas. Estas son: temperatura del aire, humedad relativa del aire, presión atmosférica, precipitación, viento y radiación solar. A continuación se hace una breve descripción de cada una de ellas.

2.1.1. Temperatura del aire

Como se mencionó una de las variables del clima es la temperatura, la cual es la manifestación macroscópica de la energía cinética de las moléculas (Sarmiento, 2007). La temperatura puede ser medida en diversas escalas, entre las más comunes se encuentran: escala Celsius ($^{\circ}\text{C}$), escala Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) y la escala Kelvin (K).

Existen términos como: temperatura máxima, temperatura media y temperatura mínima. La temperatura máxima es la mayor temperatura atmosférica del aire alcanzada en un lugar en un intervalo de tiempo, en el hemisferio norte esta temperatura se alcanza entre julio y agosto y en el hemisferio sur se alcanza entre enero y febrero. La temperatura

mínima se trata de la menor temperatura atmosférica alcanzada en un lugar en un intervalo de tiempo, las temperaturas mínimas en el hemisferio norte se alcanzan en enero y febrero y en el hemisferio sur se alcanzan entre julio y agosto. La temperatura media es el promedio de la temperatura, estas se evalúan en un tiempo determinado (Rodríguez, Portela y Capa, 2004).

El Servicio Meteorológico Nacional proporciona las normales climatológicas para distintos periodos, abarcando al menos 30 años, los resultados obtenidos de las estaciones meteorológicas incluyen temperatura máxima, temperatura media y temperatura mínima.

2.1.2. Humedad relativa del aire

La humedad relativa del aire es la proporción de contenido de vapor de agua que contiene con respecto al máximo posible que puede contener dada su temperatura y presión. La manera en la que la humedad relativa se expresa es en porcentaje (Huelsz 2016).

2.1.3. Presión atmosférica

La presión atmosférica es aquella presión que tiene la atmósfera que rodea a la Tierra y que somete a los cuerpos en la tierra a fuerzas perpendiculares a su superficie en todos sus puntos y de sentido hacia el interior del cuerpo (Burbano de Ercilla, Burbano García y Gracia, 2003). La presión atmosférica cambia con respecto a la altitud, entre mayor altitud haya menor es la presión atmosférica. La presión atmosférica es medida en diversas escalas, las más comunes en México son atmósfera (atm), Pascal (Pa) y bar (bar), su equivalencia es $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 1.013325 \text{ bar}$ (Brown, LeMay, Bursten y Burge., 2004).

2.1.4. Precipitación

La precipitación es cualquier forma en la que el agua se mueva desde la nube a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye la lluvia, la llovizna, la nieve, el aguanieve y el granizo; la forma en la que se mide la precipitación es en milímetros, es decir, cada milímetro equivale a un litro de lluvia en un metro (m) cuadrado (Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad [CONABIO] y Universidad Autónoma del estado

de Morelos [UAEM], 2004)). Para el estado de Morelos, la precipitación más importante es la de lluvia, que se conoce como precipitación pluvial.

El proceso de formación de la precipitación comienza con el calentamiento del aire húmedo de los estratos bajos por conducción, el aire que ha sido calentado experimenta ascensión adiabática. El aire húmedo se expande y enfría 1°C por cada 100 m hasta que llega a la condición de saturación para llegar a la condición de condensación. Las gotas de agua se forman cuando la humedad se condensa en pequeños núcleos hidrosféricos, dichas gotas quedan en suspensión y crecen, las gotas crecen hasta que precipitan por el peso. Existen dos procesos que aumentan el tamaño de las gotas: coalescencia y difusión de vapor, el primero es el aumento del tamaño de gota ocasionado por el choque entre gotas, el segundo es el encuentro de capas saturadas con capas en las que ya existen gotas de agua, adquiriendo mayor tamaño (Bateman 2007). La precipitación se divide en tres, de acuerdo al factor que produce el levantamiento del aire que favorece el enfriamiento para que se origine la precipitación: convectiva, orográfica y por convergencia (Wendor 1989).

2.1.5. Viento

El viento es el movimiento de aire, este movimiento se da con la diferencia de presión atmosférica que se da entre dos zonas o por causa de la diferencia de temperatura entre dos zonas. El aire va de la zona de alta presión a la zona de baja presión originando movimientos de aire y por lo tanto generando viento. En el caso de la diferencia térmica, cuando una masa de aire tiene una temperatura superior a su entorno aumenta su volumen y por consecuencia disminuye su densidad, es por esto que esa masa de aire tenderá a ascender y masas de aire con menor temperatura y mayor densidad se desplazarán a ocupar su lugar originando viento (Rodríguez et al., 2004).

Existen dos tipos de vientos, los globales y los locales. Los vientos globales son aquellos que se encuentran a una altura de 1000 m sobre el nivel del suelo de manera que sus variaciones son independientes de la geografía del lugar. Estos vientos combinan movimientos verticales relacionados con la desigual radiación solar que recibe la Tierra según su latitud y los movimientos horizontales relacionados con la fuerza de Coriolis, la cual es producida por la rotación de la Tierra y se encarga de desviar los vientos de las zonas de alta a baja presión. La Figura 2.1 muestra el movimiento de los viento globales

(Talayero y Telmo, 2011). Por otro lado, los vientos locales son aquellos que se presentan en las zonas bajas de la atmósfera, son consecuencia de la combinación de los vientos globales y las características geográficas y orográficas (Rodríguez et al., 2004).

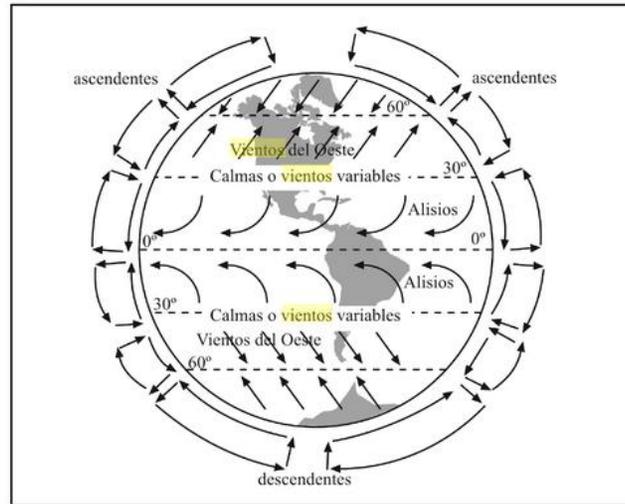


Figura 2.1. Esquema de vientos globales (Talayero y Telmo, 2011).

2.1.6 Radiación solar

La radiación solar es la energía que proviene del sol en forma de ondas electromagnéticas. Las ondas electromagnéticas se caracterizan principalmente por su frecuencia y por su longitud de onda, como se muestra en la Figura 2.2. La radiación solar comprende radiación ultravioleta, visible y e infrarroja (Rodríguez et al., 2004). La luz ultravioleta va de 1 nm a 390 nm, la luz visible va de 400 nm a 760 nm y la luz infrarroja es mayor a 760 nm (Gliessman, 2002).

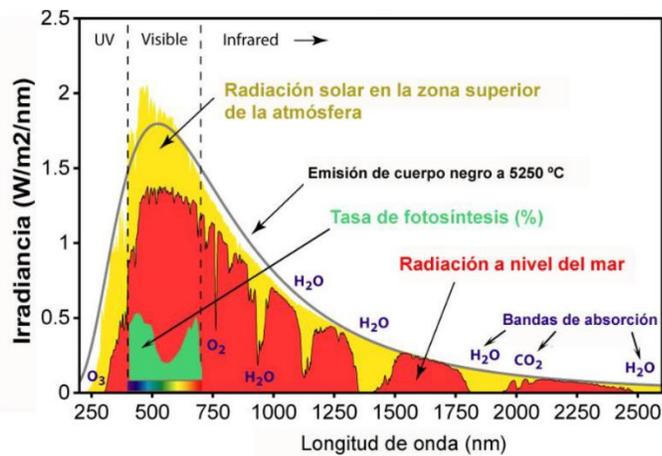


Figura 2.2. Longitud de onda

Las radiaciones electromagnéticas se mueven a una velocidad, c , de 3.00×10^8 m/s en el vacío y tienen una relación entre la longitud de onda, λ , y la frecuencia, f , estos tres se encuentran relacionados entre sí por $f = c / \lambda$ (Brown et al., 2004).

La radiación solar se presenta en la Tierra en formas distintas: radiación circunsolar, radiación solar directa, radiación solar difusa y radiación solar global. La radiación circunsolar es radiación dispersa por la atmósfera en el cielo inmediatamente adyacente al sol. La radiación solar directa es aquella que es recibida en la superficie terrestre sin cambio en la dirección que tiene de origen. La radiación solar difusa es la que recibe la superficie terrestre, cuando los rayos solares tienen un desvío en su dirección original debido a la dispersión y a la reflexión. La radiación global es la suma de la radiación solar directa y de la radiación solar difusa medida en el plano horizontal (Barbero et al., 1998).

La luz que se percibe durante el día es la radiación que ha recorrido del Sol a la Tierra, una distancia cercana a 1 unidad astronómica ($1 \text{ UA} = 1.496 \times 10^8$ km). El flujo de radiación que incide en la Tierra cambia a lo largo de la órbita elíptica de traslación que sigue la Tierra alrededor del Sol, como se observa en la Figura 2.3. El ángulo de declinación solar, δ , es una magnitud que determina la cantidad de radiación solar que incide en la Tierra por el movimiento de traslación. El ángulo de declinación solar es el ángulo entre el plano ecuatorial de la Tierra y la línea que une el centro del Sol con el de la Tierra, sus variaciones estacionales permiten la existencia de regiones, donde puede recibirse una gran cantidad de radiación solar en ciertas épocas (verano) o poca radiación solar (invierno). La Tierra forma un ángulo de declinación terrestre al girar sobre su propio

eje polar, δ , con la normal al plano eclíptico, el valor es una constante de $23^{\circ}26'59''$ (Reyes, 2002).

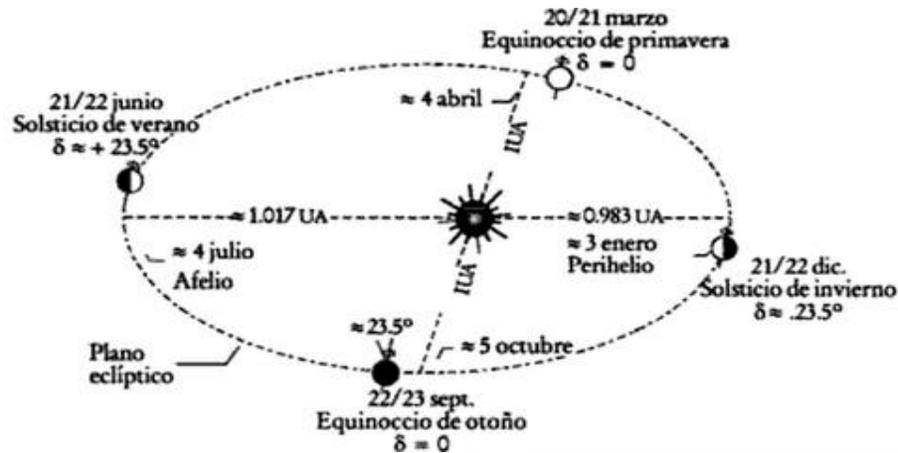


Figura 2.3. Movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol. El Sol se encuentra en uno de los focos de la órbita elíptica de la Tierra (Reyes, 2002).

La intensidad de radiación solar sobre una superficie varía con respecto a la orientación de la misma y a la época del año, es por eso, que es importante conocer el movimiento aparente del Sol a lo largo del tiempo en un lugar determinado. Para describir este movimiento es necesario utilizar los ángulos que describen la posición del Sol en el cielo en un lugar sobre la Tierra, los cuales son: altura solar, α , o su complemento, el ángulo cenital, θ_z , y el azimut solar, ψ . La altura solar, α , es la altura angular del Sol sobre el horizonte, varía entre 0° y 90° . El ángulo cenital, θ_z , es el ángulo entre el cenit local y la línea que une al observador y el Sol, es el complemento de la altura solar. El azimut solar, ψ , es el ángulo de la proyección del Sol en el plano terrestre con respecto a una referencia como son el sur o el norte, usualmente se usa el sur como referencia, el sur es definido como (0), se define el este (+) y oeste (-) (Duffie y Beckman, 1991).

La radiación solar, no solo es una variable importante del clima, sino que la radiación que incide en una edificación contribuye de manera importante a su ganancia de energía térmica, que en climas y épocas cálidas se desea evitar y en climas y épocas frías se desea favorecer. La gráfica solar, también conocida como carta solar es una representación de la trayectoria solar en un plano. La gráfica solar tipo estereográfica es la proyección en un plano de la trayectoria solar vista desde el nadir, ver un ejemplo en la

Figura 2.4. La gráfica solar estereográfica correspondiente a la latitud media del estado de Morelos se presenta en la Sección 2.3.

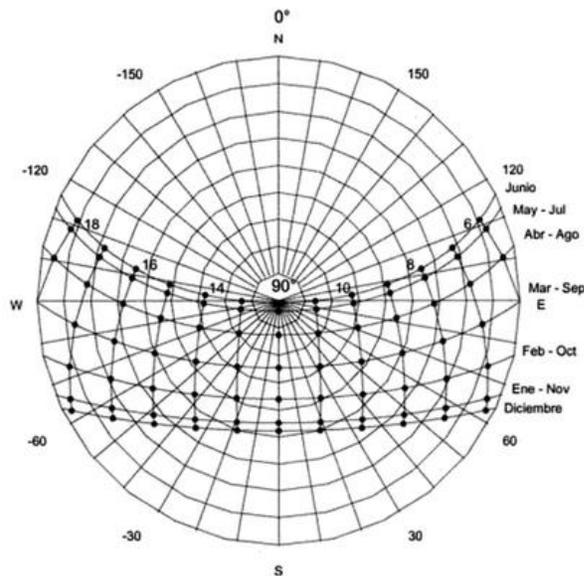


Figura 2.4. Ejemplo de gráfica estereográfica (Morillón y Mejía, 2004)

2.2. Clasificación climatológica de Köppen y García

Existen diversas clasificaciones del clima, una de las más utilizadas es la de Köppen y García, Tabla 2.1. Esta clasificación deriva del ajuste realizado a la clasificación de Köppen para adaptarla a las condiciones particulares de la República Mexicana (García, 1998).

Tabla 2.1. Clasificación climática de Köppen y García (García 1998).

Por su grado de humedad	Húmedos		Subhúmedos			Semisecos o semiáridos		Seco o áridos
Por su temperatura	f	m	w2	w1	w0	BS1	BS0	BW
Cálidos	Af (m)	Am	Aw2	Aw1	Aw0	BS1(h')	BS0(h')	BW(h')
Semicálidos A	A(C)f m	A(C)m	A(C)w2	A(C)w1	A(C)w0	BS1h' (h')	BS0h' (h')	BWh' (h')
Semicálidos C	(A)C(f m)	(A)C(m)	(A)C(w2)	(A)C(w1)	(A)C(w0)	BS1h	BS0	BWh
Templados	Ca (fm)	Ca (m)	Ca (w2)	Ca (w1)	Ca (w0)	BS1k	BS0k	BWk
	Cb (fm)	Cb (m)	Cb (w2)	Cb (w1)	Cb (w0)	BS1k'	BS0k'	BWk'
Semifríos	Cb' (fm)	Cb' (m)	Cb' (w2)	Cb' (w1)	Cb' (w0)	BS1k''	BS0k''	BWk''
	Cc (fm)	Cc (m)	cc (w2)	Cc (w1)	Cc (w0)			
Fríos	E(T)							
Muy Fríos	EF							

2.3. El estado de Morelos y sus climas

El estado Morelos se encuentra ubicado en el centro de México, colindando al norte con la Ciudad de México, al sur con el estado de Guerrero, al oriente con el estado de Puebla y con el Estado de México al noreste y noroeste. El estado de Morelos representa el 0.25% del área territorio nacional. Está dividido en 33 municipios, la capital es el municipio de Cuernavaca.

La población del estado de Morelos es de 1,903,811 habitantes, está constituida por 48.1% de hombres y 51.9% de mujeres, el 84% de la población es urbana y el 16% es rural.

Las actividades que más aportan al producto interno bruto (PIB) estatal son las terciarias como la agricultura, siendo Morelos primer lugar de producción a nivel nacional de noche buena y rosa; la aportación de Morelos al PIB Nacional es del 1.2% (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2015).

El estado de Morelos se encuentra entre las coordenadas 18.325° y 19.150° longitud Norte y 98.625° y 99.500° latitud Oeste.

El estado de Morelos cuenta con diversos climas, predominan los climas cálidos y semicálidos. En la Figura 2.5 se muestra el mapa de los climas de Morelos de acuerdo a la clasificación de Köppen y Garcia (Comisión Estatal del Agua [CEA], 2014), es posible observar ocho diferentes climas. En la Tabla 2.2 se muestran las características por temperatura y precipitación para cada tipo de clima de acuerdo a la clasificación mencionada (CEA, 2014). También se incluye su correspondiente bioclima según la clasificación utilizada en el Código de Edificación de Vivienda de la Comisión Nacional de Vivienda (Comisión Nacional de Vivienda [CONAVI], 2010).

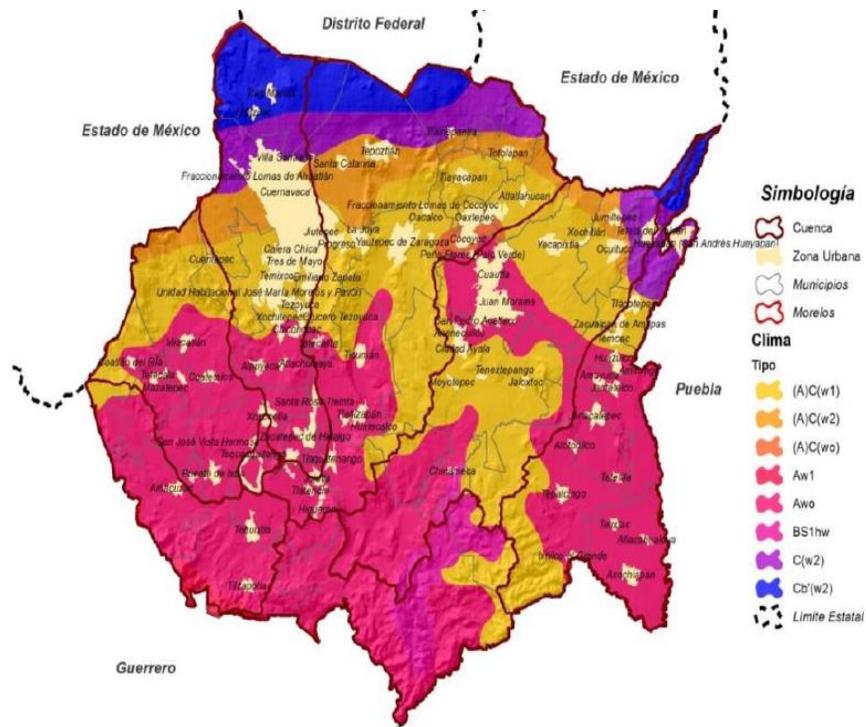


Figura 2.5. Climas en el estado de Morelos (CEA, 2014).

Tabla 2.2. Tipos de climas y bioclimas en Morelos (CEA, 2014 y CONAVI, 2010).

Tipo de clima (CEA 2014)	Características de la temperatura (T)	Características de precipitación (P)	Tipo de bioclima (CONAVI 2010)
Cálido subhúmedo Awo	Temperatura media anual mayor a 22°C y temperatura del mes más frío mayor a 18°C	Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T menos de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	Cálido semi húmedo
Templado subhúmedo C(w2)	Temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre 3°C y 18°C y temperatura del mes más cálido bajo 22°C	Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual	Templado semi húmedo

Semifrío subhúmedo Cb'(w2)	Con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más cálido bajo 22°C.	Precipitación en el mes más seco menos de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	Semifrío húmedo
Semicálido subhúmedo (A)C(w2)	Del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más cálido mayor a 22°C.	Precipitación del mes más seco menor a 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	Cálido semi húmedo
Semicálido subhúmedo (A)C(wo)	Del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más cálido mayor a 22°C.	Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2, y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	Cálido semi húmedo
Semiárido semicálido BS1hw	Temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más cálido mayor a 22°C.	Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	Cálido seco
Cálido subhúmedo Aw1	Temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor a 18°C.	Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	Cálido semi húmedo

La distribución de los climas en porcentaje es de 87% para clima cálido semihúmedo, 0.8% cálido seco, 10% templado semihúmedo y 2.2% semifrío húmedo (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO] y Universidad Autónoma del estado de Morelos [UAEM], 2004)).

2.4. Gráfica solar del estado de Morelos

La gráfica solar estereográfica para la latitud media del estado de Morelos, mostrada en la Figura 2.6 fue elaborada en un programa llamado Heliodon, el cual es un programa que simula la trayectoria solar (Beckers y Masset, 2010). La gráfica solar en este estudio es una herramienta que facilita determinar la orientación más adecuada para las viviendas en cada clima.

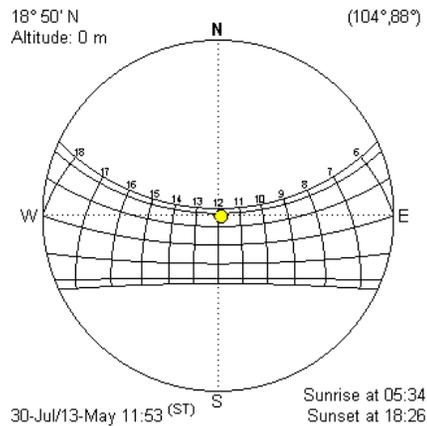


Figura 2.6. Gráfica solar para la latitud media del estado de Morelos (Beckers y Masset, 2010).

2.5. El confort y la arquitectura

La arquitectura es el arte, ciencia y técnica de diseñar, construir y crear espacios que tengan un propósito práctico y que puedan cumplir con alguna función para los seres humanos, incluyendo el confort (De la Rosa, 2012).

El confort en un espacio arquitectónico es una sensación de bienestar en que la mayoría de los usuarios tienen dadas ciertas características ambientales del espacio.

El confort se divide en tres: confort visual, acústico y térmico (Serra y Coch, 2001). El último tipo de confort es el más importante a considerar en este estudio.

El confort térmico de acuerdo a Givoni (1998), es definido como un rango de condiciones climáticas consideradas aceptables dentro de una edificación, lo cual implica que no deben existir sensaciones térmicas que no sean confortables.

El confort térmico de un espacio dependerá de parámetros ambientales y factores del usuario. Los primeros se refieren a las condiciones de temperatura y humedad realtiva del aire, radiación, y movimiento del aire (Fernández, 1994). Los segundos hacen referencia a condiciones del ocupante que intervienen en la apreciación de éste, tales como: fisiológicas (metabolismo, aclimatación y adaptación genética), psicológicas (expectativas y capacidad de adaptación), conductuales (vestimenta, control sobre el ambiente, como abrir y cerrar ventanas) (Huelsz, 2017).

Con el fin de alcanzar este confort, la arquitectura vernácula (que es la construcción de edificaciones utilizando los materiales de una región con diseño adaptado al clima) comienza a ser practicada por comunidades nativas sin la necesidad de un arquitecto, siendo el constructor el mismo habitante (Gómez, 2010).

A partir de la revolución industrial del siglo XVIII se empiezan a producir y utilizar máquinas que ayudan al calentamiento, enfriamiento o ventilación de espacios. Al existir nuevas formas de conseguir confort térmico y visual, la arquitectura vernácula empieza a ser desplazada, es decir, el diseño de las edificaciones empieza a cambiar y se deja de tomar en cuenta al clima, además los recursos con los que se construye son traídos de otros lugares. A lo largo del tiempo el acceso a este tipo de máquinas aumentó debido a que los combustibles fósiles han sido relativamente baratos y a que la producción de este tipo de máquinas ha ido creciendo y por lo tanto abaratándose, sin embargo no se tomaban en cuenta las repercusiones que puede haber en el ambiente por la quema de combustibles fósiles y la explotación de recursos.

La conciencia que se ha tomado desde hace más de cincuenta años sobre las repercusiones en el ambiente ha impulsado la generación de una corriente en la arquitectura llamada diseño bioclimático, el pionero en este tipo de diseño es Olgay (Olgay, 1963). El diseño bioclimático tiene en común con la arquitectura vernácula el

tomar en cuenta al clima, por lo que utiliza estrategias de la arquitectura vernácula, pero también incorpora nuevos sistemas de construcción, los desarrollos científicos y tecnológicos con el fin de construir edificaciones que proporcionen un mayor confort térmico con menor consumo de energía (Huelsz y Sierra, 2013).

2.6. Diseño bioclimático y diseño solar pasivo

El diseño bioclimático es el diseño de las edificaciones realizado exprofeso de acuerdo al clima. Éste favorece al confort térmico de los ocupantes y reduce la necesidad del uso de sistemas mecánicos para la climatización y ventilación de las edificaciones (Garzón, 2007).

Dentro del diseño bioclimático se incluye el diseño solar pasivo, también conocido como helio diseño. El diseño solar pasivo es el diseño de la edificación para favorecer o evitar la ganancia solar de acuerdo al clima. El término pasivo se refiere a la utilización de sistemas que no requieran el uso de energía externa para operar, en contraposición con los sistemas mecánicos que utilizan energía externa para su operación.

2.7. Bioclimas

Los climas de acuerdo con el confort térmico, también llamado higrotérmico, para enfatizar la importancia de la humedad relativa del aire, se denominan bioclimas.

De acuerdo con la CONAVI, México cuenta con diez bioclimas, marcados en la matriz de la Figura 2.7 en gris. El estado de Morelos presenta cuatro de estos bioclimas, marcados con achurado en la misma figura.

	Seco	Semi	Húmedo
Cálido extremo			

Cálido			
Templado			
Semifrío			

Figura 2.7. Bioclimas del estado de Morelos (Adaptación de información de CONAVI, Huelsz, 2016).

2.8. Estrategias de diseño bioclimático para México

Las estrategias de diseño bioclimático básicas para los bioclimas en México se presentan en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Estrategias bioclimáticas básicas expresadas en una forma general para México (Huelsz, 2016).

	Estrategias en México	Seco	Semi	Húmedo
Cálido	Evitar ganancia solar (EGS)	Ventilación nocturna, sistemas constructivos con alta masa térmica, enfriamiento evaporativo	Ventilación nocturna, enfriamiento evaporativo en la época cálida-seca	Ventilación día y noche, sistemas constructivos con poca masa térmica
Templado	Época cálida - EGS Época fría - FGS	Sistemas constructivos con alta masa térmica		Ventilación día y noche en época cálida
Semifrío	Favorecer ganancia solar (FGS) Época fría - Ventilación cuando temperatura aire exterior > temperatura aire interior			Ventilación todo el día en época cálida

	(o mínima por calidad de aire)			
--	--------------------------------	--	--	--

Evitar ganancia solar se refiere a hacer uso de ciertos diseños bioclimáticos que ayuden a que esta estrategia pueda llevarse a cabo en los bioclimas en donde las edificaciones hayan sido construidas, evitar ganancia solar es recomendable para los climas cálidos y templado aunque este último haga uso de esta estrategia solo en temporada cálida.

Para evitar ganancia solar se deben seguir las siguientes recomendaciones:

1. Orientación: ésta consiste en construir o adaptar el eje principal de la edificación de acuerdo al sentido que pueda brindar un mayor confort.
2. Color de techo: el color claro en los techos va a permitir que haya un mayor reflejo de la radiación solar y por lo tanto evitar que una edificación tenga temperaturas más elevadas en el interior.
3. Protecciones solares en ventanas: evitan que la radiación solar directa entre a la edificación.
4. Nivel de sombreado por árboles: éste consiste en evitar que la radiación solar directa incida sobre la edificación, para los climas cálidos tener un mayor nivel de sombreado va a impedir que la casa se caliente durante el día de manera excesiva.

Para favorecer la ganancia solar se hace uso de distintos diseños bioclimáticos que permitan a los ocupantes tener un mayor confort térmico. Esta estrategia es recomendable para climas fríos y templados, aunque este último sólo haga uso de ella en temporada fría.

Para favorecer ganancia solar se deben seguir las siguientes recomendaciones:

1. Protecciones solares: para climas fríos no son usadas debido a que se necesita una mayor incidencia de radiación solar, en climas templados sólo son necesarias en temporadas cálidas, por lo cual el diseño debe adaptarse de manera que sea adecuado a ambas temporadas.

2. Nivel de sombreado por árboles: el tener un nivel bajo de sombra va a propiciar que toda la radiación solar directa incida sobre una edificación y permita que haya una elevación en la temperatura del interior.
3. Color de techo: los techos de color oscuro permiten mayor absorción de la radiación solar y ayuda a que las edificaciones puedan elevar su temperatura.

De las estrategias mencionadas anteriormente las más importantes y que serán evaluadas de acuerdo al nivel de utilización en este estudio son: orientación, color de techo y nivel de sombreado por árboles. El implementar estas tres estrategias garantizan una reducción en el consumo energético en las viviendas en el caso de que utilicen algún sistema para climatización (Kruzner et al., 2013) o un aumento en el nivel de confort térmico en caso de no utilizar ningún sistema.

2.9. Perímetros de contención urbana

Los perímetros de contención urbana son una clasificación de zonas dependiendo de la distancia a fuentes de empleo y servicios urbanos. Se utiliza para distribuir subsidios en la compra de viviendas, son de carácter federal (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial [SEDATU], 2015).

En esta tesina se analiza el nivel de penetración del diseño solar pasivo en las viviendas dependiendo del perímetro de contención urbana.

Los perímetros de contención urbana creados por la CONAVI, en las ciudades del país, son polígonos establecidos mediante metodologías geoespaciales y por información de los diferentes niveles de consolidación de las ciudades. La consolidación de las ciudades está caracterizada por las fuentes de empleo, los servicios de infraestructura, equipamiento y movilidad, se clasifican en tres: U1, U2 y U3. El perímetro U1 es la zona urbana consolidada, es decir, que tienen mayor acceso a empleo, equipamiento y servicios urbanos. El perímetro U2 es la zona en proceso de consolidación, debido a que cuenta con infraestructura, equipamiento y servicios urbanos mayores al 75%. El

perímetro U3 es la zona contigua al área urbana y tiene acceso a servicios urbanos debido a que está cerca de los otros dos perímetros de contención urbana.

La Figura 2.8 muestra un mapa del estado de Morelos con los tres perímetros de contención urbana, obtenidos de SEDATU y CONAVI (2015), los perímetros de contención urbana fueron visualizados en Google Earth.



Figura 2.8. Perímetros de contención urbana U1 en rojo, U2 en verde, U3 en azul (SEDATU y CONAVI, 2015). Los perímetros de contención urbana fueron visualizados Google Earth. Para poder llevar a cabo un estudio que evalúe el nivel de penetración de diseño solar pasivo en el estado de Morelos, es necesario recurrir a un método estadístico. Por lo que a continuación se presenta una breve introducción a los métodos de análisis y en particular al método estadístico.

2.10. Métodos de análisis

Los métodos de análisis son un conjunto de métodos aplicados durante el desarrollo de una investigación. Los métodos más utilizados son: analítico, sintético, inductivo, deductivo, objetivo, subjetivo, cuantitativo, cualitativo, estadístico, dinámico, empírico, pragmático, hipotético, deductivo (Muñoz, 2011).

En este estudio el método utilizado es el estadístico, éste consta de una serie de procedimientos utilizados para el manejo de datos cualitativos y cuantitativos de una investigación. Las características de los procedimientos involucrados en el método estadístico depende del diseño de investigación que haya sido seleccionado (Obregón, 2010).

2.11. Método estadístico

El método estadístico es un sistema usado para recolectar, organizar, analizar y describir de forma numérica la información, así como estudiar el comportamiento de hechos o fenómenos en grupos. El método estadístico cuenta con una herramienta llamada estadística (Martínez, 2012).

La estadística se clasifica en dos: estadística descriptiva o deductiva y estadística inductiva o inferencial.

La estadística descriptiva es aquella en la cual los datos son interpretados de forma directa, no es aceptable que se modifiquen, es decir, son exhibidos tal y como se obtienen. Son presentados en forma tabular, gráfica o numérica (Muñoz, 2011). La estadística inferencial se dedica a analizar hasta obtener conclusiones de grupos o poblaciones basándose en la información de grupos menores o de muestra (Martínez, 2012).

La investigación estadística consta de cinco etapas: muestreo, recolección de datos, organización de los datos, presentación de los datos, análisis de los datos presentados y conclusiones e interpretaciones (Gómez, 2009).

2.11.1 Muestreo

Para realizar el análisis de una población es importante definir con que parte de esta población se va a trabajar, ya que muchas veces las poblaciones pueden ser grandes y se tienen que delimitar, para ello se han implementado diversas formas de realizar esta selección considerando las necesidades de cada caso. Existen cuatro tipos de muestreo:

muestreo aleatorio simple, muestro por proporciones, muestreo estratificado aleatorio y muestreo sistemático.

En el caso de este estudio, el tipo de muestreo que se utilizó fue el muestreo aleatorio simple, ya que indica que todos los individuos de la población tienen la misma probabilidad de ser incluidos en la muestra sin que se considere que sean descartables (Ramírez, 1999).

En el muestro aleatorio simple hay dos maneras de escoger el número exacto de elementos que va a comprender la muestra: número de muestra para poblaciones finitas y número de muestra para poblaciones infinitas.

El número de muestras para este estudio va a estar delimitado por el número de viviendas del estado de Morelos, es por esto que la fórmula va a ser para una muestra finita, presentada en la Sección 6.1.

2.11.2. Organización de los datos

Después de la etapa de recolección los datos deben ser organizados, esto significa que los datos deben ser totalizados con el fin de ser útiles para analizarlos. En términos generales es la cuantificación de las características evaluadas.

2.11.3. Presentación de los datos

En esta etapa los datos son presentados en cuadros, tablas, gráficos o textos. Lo anterior es con el fin de facilitar la comprensión de los datos obtenidos en el estudio.

2.11.4. Análisis

En esta etapa, los datos recolectados y previamente organizados son analizados, de acuerdo al objetivo del estudio.

2.11.5. Interpretaciones y conclusiones

En esta etapa, una vez que la información ya ha sido interpretada, es posible determinar los resultados y enunciar las conclusiones sobre lo que ha sido estudiado (Gómez, 2009).

CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES

En este capítulo se presentan algunos estudios realizados donde se muestra la importancia de la orientación, del color de techo y del nivel de sombreado por árboles en el diseño de las edificaciones de acuerdo al clima. También se presentan estudios que reportan la evaluación del uso de estas estrategias de diseño bioclimático en diferentes regiones.

3.1. Importancia de la orientación

La orientación adecuada de las viviendas es una manera de contribuir a la eficiencia energética y de cumplir con los requisitos de construcción de viviendas que van surgiendo todos los días. Morrissey, Moore y Horne (2010) presentan un estudio donde realizan una evaluación de la orientación que tienen ciertos edificios residenciales en un clima templado en Melbourne, Australia. El objetivo fue analizar la sensibilidad ante el cambio de viviendas tradicionales y aquellas viviendas cuyo diseño tuviera estándares de eficiencia energética. El análisis se realizó por medio de un software llamado AccuRate donde se realizaron simulaciones de cambio de orientación a las viviendas seleccionadas, tomando como nuevas orientaciones: Noreste, Este, Sureste, Suroeste, Oeste y Noroeste. Los resultados muestran que las viviendas más pequeñas o aquellas cuyo diseño tuviera estándares de eficiencia energética respondían de mejor manera ante los cambios de orientación en comparación con las casas de 250 m² o más grandes. Estos autores enfatizaron que la orientación adecuada al clima debe plantearse en la etapa del diseño.

Otro estudio que aporta información sobre la importancia de la orientación en los edificios es el de Abanda y Byers (2016). El objetivo de este estudio es analizar el impacto que la orientación tiene en el ahorro de energía en edificios así como investigar las oportunidades y limitaciones que se pueden presentar. Estos autores realizan la simulación de un edificio en Hertfordshire, Reino Unido, la simulación se realiza por medio de un software llamado Revit. Los resultados muestran que la orientación adecuada de

los edificios ayuda a evitar el uso de sistemas de climatización mecánicos y de esta manera ayudaría a reducir costos de energía.

Existe otro estudio que evalúa la orientación y el ahorro energético, este estudio es de Haase y Amato (2009) y se realiza en climas cálidos y húmedos en Asia. El objetivo de este estudio es analizar que factores del diseño de un edificio son los que más contribuyen a alcanzar el confort térmico y que propician el ahorro energético. Los resultados muestran que la orientación es la mejor manera para evitar el uso de energía en este tipo de climas.

3.2. Importancia del uso de colores en techos

Otro aspecto de importancia del diseño solar pasivo es el uso de colores adecuados al clima en los techos. Akbari, Konopacki y Pomerantz (1999) realizaron un estudio que evalúa el uso de techos reflectantes para edificios residenciales y comerciales. El objetivo de este estudio es estimar los posibles ahorros en Estados Unidos utilizando techos con diferentes porcentajes de reflexión solar o albedo. Los resultados son desarrollados por medio de un programa de simulación de energía en edificios llamado DOE-2 y para esto se toman en cuenta 10 ciudades: Atlanta, Chicago, Los Angeles, Dallas/Fort Worth, Houston, Miami/Fort Lauderdale, New Orleans, New York, Philadelphia, Phoenix y DC/Baltimore. Los resultados de la evaluación indican que las ciudades con climas cálidos deberían usar techos con un porcentaje de albedo más alto, es decir, colores más claros y las ciudades con climas más fríos deberían usar techos con bajo porcentaje de albedo utilizando colores más oscuros.

Existe otro estudio que presenta la importancia que tiene el utilizar distintos colores en los envolventes de los edificios, Cheng, Ng y Givoni (2005) presenta un estudio donde el objetivo es evaluar la relación que tiene el color con la temperatura interna de un espacio. Este proyecto fue realizado por el Departamento de Arquitectura en la Universidad China de Hong Kong en un clima cálido húmedo. Para llevar a cabo las pruebas de medición de temperatura se crearon celdas con distintos colores en las

cuales se medía la temperatura interna. Los resultados muestran que en espacios sin ventilación y sin ventanas los colores oscuros pueden aumentar 10°C la temperatura de un lugar en comparación con los colores claros, por lo que utilizar colores claros ayudaría a mantener o reducir la temperatura de un lugar y también fomentaría ahorros energéticos.

3.3. Importancia del sombreado por árboles

Hay estudios como el de Wang y Akbari (2016) que hablan sobre los efectos positivos de tener árboles que contribuyan a la reducción del consumo energético. Este estudio tiene como objetivo analizar los efectos en el ambiente que tienen los árboles en el área central de Montreal y servir al desarrollo de una guía de mitigación de la isla de calor urbana. El estudio se realizó por medio de un software de simulación llamado ENVI-met que analiza las interacciones termales dentro de ambientes urbanos con las características de cada lugar. Los resultados muestran que los árboles pueden contribuir al ahorro energético debido en gran parte a los niveles de sombreado que reducirían la absorción de energía solar y bajaría la temperatura del aire del interior de los edificios lo que llevaría a dejar de utilizar sistemas de aire acondicionado.

Existe otro estudio que también analiza los efectos del sombreado por árboles y edificaciones, este estudio fue elaborado por Simá, Changolla, Huelsz, Tovar y Alvarez (2015) en una vivienda del municipio de Emiliano Zapata en Morelos, México. El objetivo de este estudio es cuantificar los efectos que tiene el sombreado por árboles sobre el confort térmico en los meses más cálidos y más fríos del año, la vivienda que se evalúa no cuenta con aire acondicionado y se encuentra en una zona de clima cálido subhúmedo. Las evaluaciones se realizan por medio de mediciones de temperatura y por medio del programa EnergyPlus. Los resultados indican que los efectos más importantes se dan en el mes de Abril que es el más cálido ya que el sombreado por árboles ayuda a reducir hasta 3°C en el interior de la casa y en Diciembre, a pesar de ser el mes más frío, no se presenta una problemática ya que las temperaturas siguen estando dentro del rango de confort térmico.

Otro estudio realizado con el programa EnergyPlus fue el de Hwang, Wiseman y Thomas (2016) en el cual se probó una nueva estrategia de colocación de árboles en distintos puntos de Estados Unidos como: Metro Minneapolis, MN, Charlotte, NC y Metro Orlando, FL. El objetivo de este estudio era probar que una nueva estrategia de colocación de árboles serviría para reducir el consumo energético en comparación con la estrategia convencional utilizada en unas parcelas residenciales recientemente desarrolladas. En la nueva estrategia se proponía que los árboles se situaran cerca de cada vivienda en lugar de colocarlos con distancias más grandes. Los resultados muestran las variaciones entre el método convencional y el nuevo método. El nuevo método podría servir como una guía para aprovechar de una mejor manera el espacio para plantar los árboles y aumentar las reducciones de consumo energético.

3.4. Estudios del uso de estrategias de diseño solar pasivo y de diseño bioclimático

El estudio de Kruzner et al. (2013) analiza la tendencia que tienen las estrategias de diseño solar pasivo en Estados Unidos de América. El objetivo de dicho estudio era analizar la compatibilidad de las tendencias que tuvieran las viviendas seleccionadas con las estrategias que son recomendables en el diseño solar pasivo y comparar la situación tanto de manera nacional como regional. En este estudio se toman en cuenta el clima cálido y el clima frío. Las zonas de clima cálido son: Southern, Southeast, Southwestern. Las zonas de clima frío son: High plains, Midwest/Ohio Valley, New England/Mid-Atlantic, Northwestern. Los resultados son obtenidos por medio del uso de Google Earth, se analiza el color de techo, la orientación y el nivel de sombreado por árboles. Los autores indican que no se tiene una tendencia por construir de acuerdo al clima, lo cual representa un campo de oportunidad para educar a la sociedad de que una construcción bioclimática podría ayudar a reducir los costos de energía.

Otro estudio evalúa el diseño solar pasivo y otros sistemas pasivos para climatización municipio de Temixco en el estado de Morelos, México, realizado por Castillo et al. (2011). El objetivo de este estudio es determinar el uso de sistemas pasivos para

climatización en viviendas que se encuentran en oferta de venta. Este estudio evalúa más aspectos en comparación con el estudio de Kruzner et al. (2013) y la evaluación se realiza in situ. Los elementos constructivos evaluados fueron: orientación para la radiación, color de superficie exterior de techos, vegetación y árboles, orientación para ventilación, color de superficie exterior de muros, altura interior, distribución de áreas, porcentaje de área ocupada, número de niveles, piso exterior y sistemas pasivos adicionales. De acuerdo a los resultados, muy pocas viviendas obtuvieron una calificación que apuntara a que eran diseñadas bajo un concepto de diseño bioclimático.

Otro estudio similar elaborado por Huelsz, Gómez, Figueroa, Elías-López y Ochoa (2011) evalúa sistemas pasivos de climatización en viviendas, pero es más amplio ya que analiza cinco ciudades de la República Mexicana: Colima, Hermosillo, Metropolitana de la Ciudad de México, Tampico y Temixco, con cuatro diferentes climas. La evaluación también se realizó en viviendas que se encontraban en oferta de venta y se evaluaron los mismos once elementos constructivos. Los resultados muestran que el uso de los sistemas pasivos es muy poco o es deficiente y que existe la posibilidad de hacer la mejora de los diseños de viviendas que se adecuen más al clima en donde se edifican.

CAPÍTULO 4. JUSTIFICACIÓN

El Estado de Morelos cuenta con climas como el semifrío, templado y cálidos. Se ha observado que las edificaciones, como las viviendas, no están diseñadas para el clima correspondiente, sin embargo no existen estudios que cuantifiquen el problema. Se plantea que este estudio muestre la situación del nivel de penetración que tiene el diseño solar pasivo en el estado. Con los resultados obtenidos se espera que los reglamentos, códigos y manuales de construcción de los municipios del estado de Morelos incluyan aspectos de diseño solar pasivo.

CAPÍTULO 5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Elaborar un estudio que evalúe el uso de estrategias de diseño solar pasivo de acuerdo a los climas en el Estado de Morelos y que pueda ser utilizado para dar recomendaciones que favorezcan al ahorro de energía en edificaciones en el Estado.

5.2. Objetivos particulares

- Realizar un estudio del arte para analizar la importancia del uso de tres estrategias de diseño solar pasivo: orientación, color de techo y nivel de sombreado por árboles en el confort térmico y en el ahorro de energía en los climas del estado de Morelos.
- Realizar una revisión bibliográfica de los climas del Estado de Morelos para determinar los existentes en el Estado.
- Estudiar la metodología elaborada y aplicada en el estudio de Kruzner et al. (2013), para el diagnóstico del uso de tres estrategias de diseño solar pasivo: orientación, color de techo y nivel de sombreado.
- Adaptar la metodología de Kruzner et al. (2013) para realizar un diagnóstico del uso de tres estrategias de diseño solar pasivo: orientación, color de techo y nivel de sombreado, en las viviendas del Estado de Morelos.
- Analizar el nivel de penetración del diseño solar pasivo en las viviendas dependiendo del perímetro de contención urbana.

Dar recomendaciones que favorezcan al ahorro de energía en edificaciones en el Estado.

CAPÍTULO 6. METODOLOGÍA

La metodología seguida en esta investigación para realizar el diagnóstico del uso de tres estrategias de diseño solar pasivo en viviendas del Estado de Morelos es una adaptación a la metodología propuesta por Kruzner et al. (2013). En este capítulo se describe el procedimiento, que incluye la determinación del número de muestras, la determinación de las viviendas a evaluar, escalas para la evaluación del uso del diseño solar pasivo, calificaciones para las características de las viviendas y la evaluación de las viviendas. La metodología aplicada se encuentra en la Figura 6.1.

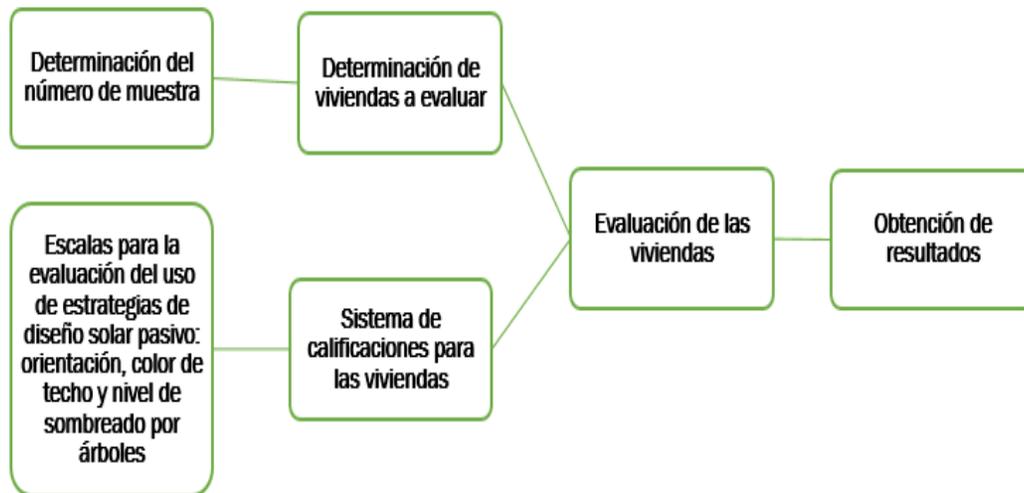


Figura 6. 1. Diagrama de flujo de la metodología seguida.

6.1. Determinación del número de muestras

Para determinar el número de viviendas que serían evaluadas en este estudio, n , se utilizó la fórmula para número de muestras con población finita (Martínez, 2012),

$$n = \frac{Z^2 N p q}{(N-1)E^2 + Z^2 p q},$$

donde, N es el número total de viviendas del Estado de Morelos, $N=523,231$ (INEGI, 2015), Z es un factor que depende del nivel de confianza. En este estudio se utilizó el nivel de confianza de 90%, por lo que $Z=1.96$ (Martínez 2012); p es la probabilidad de éxito y q es la probabilidad de fracaso, como se desconocen estos valores, se considera $p=0.5$, $q=0.5$ con lo que se obtiene el mayor número de muestras y E es el error de muestreo que corresponde al margen de error fijado, se considera $E=0.05$. Esto da por resultado $n=270$.

6.2. Determinación de las viviendas a evaluar

Para determinar la localización de las viviendas a evaluar, primero se ubicaron las coordenadas latitudinales más al norte y al sur y las coordenadas longitudinales más al este y al oeste del territorio del estado de Morelos utilizando el programa Google Earth, estas coordenadas son $18.325^{\circ}N$ y $19.150^{\circ}N$, con una diferencia de 0.825° , y $98.625^{\circ}O$ y $99.500^{\circ}O$, con una diferencia de 0.875° , estas coordenadas se muestran en la Figura 6.2.

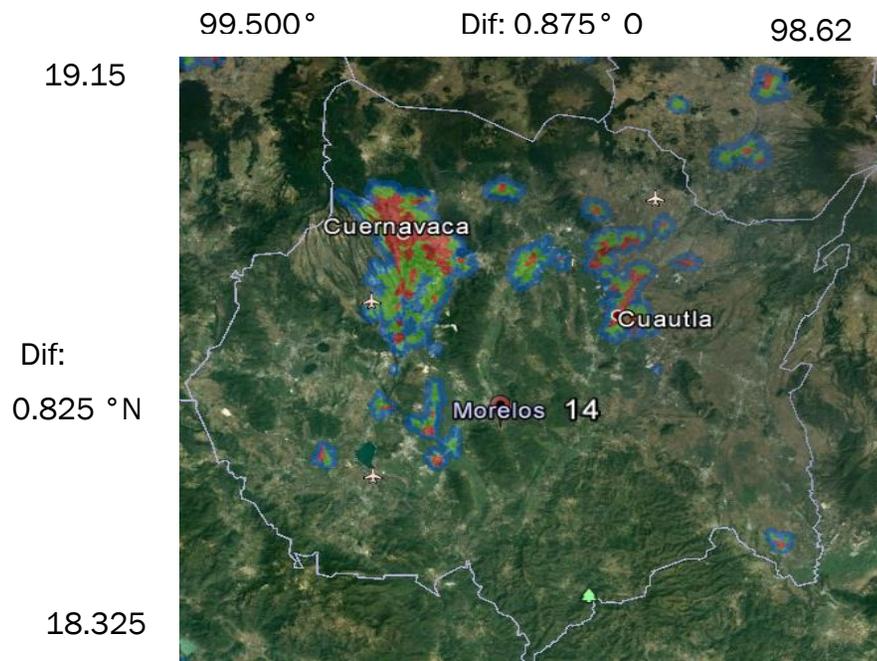


Figura 6.2. Localización del estado de Morelos (Google Earth).

La selección de las 270 viviendas a evaluar se realizó determinando la ubicación, dada por la latitud y longitud, de cada una de las viviendas de manera aleatoria. Para determinar la latitud se generó un número aleatorio, este número era multiplicado por la diferencia de grados de latitud del estado de Morelos y se sumaba el límite inferior de latitud, por ejemplo, si el número aleatorio era 0.1802 se multiplicaba por 0.825° , que es la diferencia de grados, más 18.325° que es el límite inferior de las coordenadas de latitud, este cálculo daba un total de 18.4736° . El mismo procedimiento era aplicado para obtener la longitud, por ejemplo, el número aleatorio 0.8563 era multiplicado por 0.875° que es la diferencia de grados y se le sumaba 98.625° que es el límite inferior de las coordenadas de longitud, dando como resultado 99.0095° . De esta manera se obtenía la ubicación 18.4736°N , 99.0095°O .

Cada par de coordenadas se indicaba en Google Earth y se analizaba la vivienda situada en ese punto. En caso de que no existiera ninguna exactamente en ese punto se buscaba en el mapa la más cercana utilizando un margen de 0.02° hacia todas las direcciones y si no se encontraba nada en ese perímetro entonces esa ubicación quedaba descartada, y se generaba una nueva ubicación para que se pudiera realizar la evaluación de las 270 viviendas.

6.3. Escalas para evaluación del uso de estrategias de diseño solar pasivo: orientación, color de techo y nivel de sombreado

Para realizar el análisis de las estrategias de diseño solar pasivo en cada vivienda se propusieron escalas de evaluación para cada estrategia.

La escala para evaluar orientación depende de la forma de la planta de la vivienda, ya sea rectangular o cuadrada. Para las edificaciones con forma rectangular, las orientaciones son cuatro de acuerdo al eje más largo: Norte-Sur, Noreste-Suroeste, Este-Oeste y Noroeste-Sureste. Para las viviendas con forma cuadrada la orientación se define de acuerdo al lado que da a una carretera o calle: Norte-Sur, Noreste-Suroeste, Este-Oeste y Noroeste-Sureste. Esta escala se presenta en la Figura 6.3. para viviendas con

forma rectangular y 6.4. para viviendas con forma cuadrada. En el caso de las figuras para viviendas con forma cuadrada se incluye una flecha roja, ésto para distinguir las direcciones, ya que las figuras se repiten.

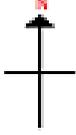
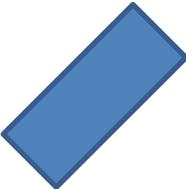
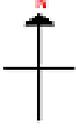
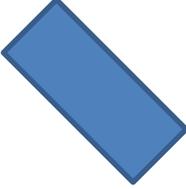
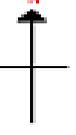
Viviendas con forma rectangular		
		Norte-Sur
		Noreste-Suroeste
		Este-Oeste
		Noroeste-Sureste

Figura 6.3. Escala para la evaluación de la orientación de la vivienda con forma rectangular.

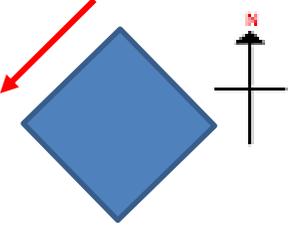
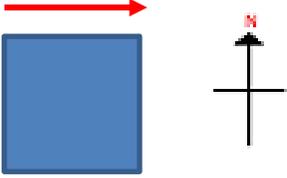
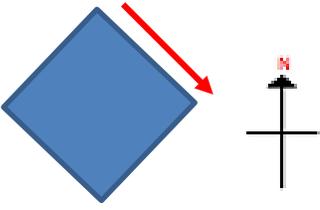
Viviendas con forma cuadrada	
	Norte-Sur
	Noreste-Suroeste
	Este-Oeste
	Noroeste-Sureste

Figura 6.4. Escala para la evaluación de la orientación de la vivienda con forma cuadrada.

Para analizar el color de techos se presentan tres niveles de color de techo: claro, intermedio y oscuro. Las fotografías de referencia se presentan en la Figura 6.5, tomadas de Google Earth y pasadas a escala de grises. Los recuadros en diferentes colores representan el color de techo de referencia, ésto con la finalidad de tener una referencia en cada tipo de sombreado por árboles.

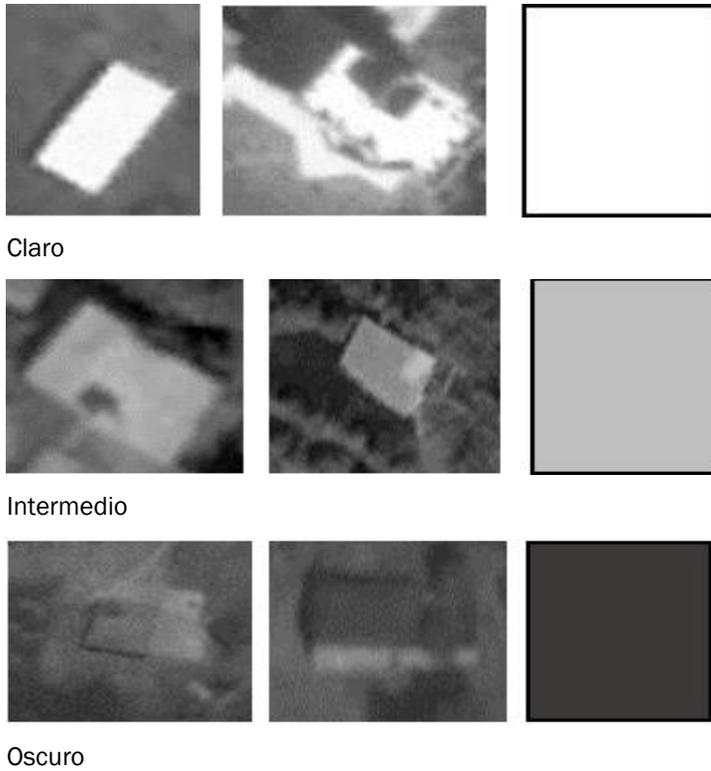
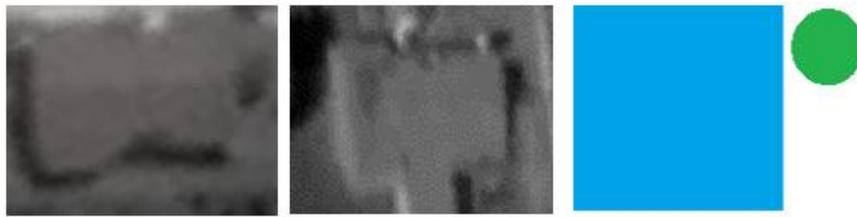
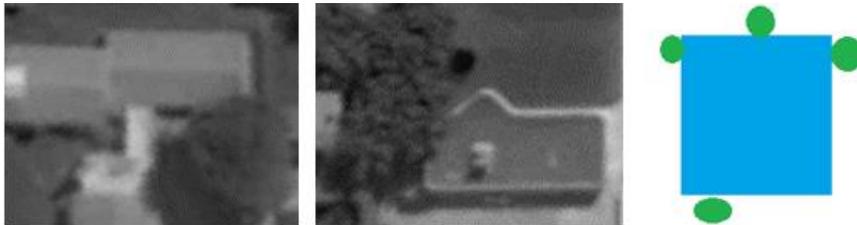


Figura 6.5. Escala para la evaluación del color de techo.

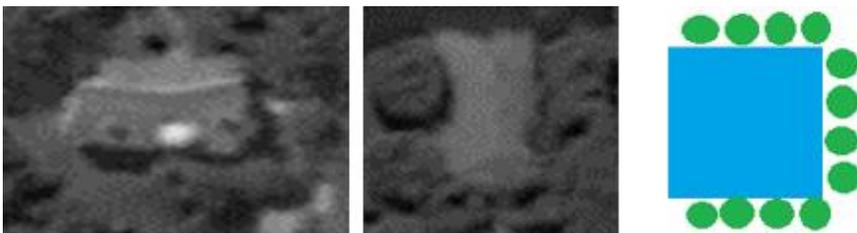
Para la evaluación del nivel de sombreado por árboles se presentan cuatro niveles: muy poco sombreado (muy pocos o ningún árbol cerca de la vivienda), poco sombreado (pocos árboles), moderadamente sombreado (algunos árboles) y completamente sombreado (totalmente rodeado de árboles). Las fotografías de referencia se presentan en la Figura 6.6, tomadas de Google Earth y pasadas a escala de grises. La figura en color azul representa una vivienda y la verde un árbol, ésto con la finalidad de tener una referencia en cada tipo de sombreado por árboles.



Muy poco sombreado



Poco sombreado



Moderadamente sombreado



Completamente sombreado

Figura 6.6. Escala para la evaluación del nivel de sombreado.

6.4. Sistema de calificaciones para las viviendas

Una aportación de esta investigación fue el diseñar un sistema de calificaciones para las 270 viviendas que se evaluaron. Para cada estrategia se asignaron calificaciones del 0 al 10 dependiendo de las características de orientación, color de techo y nivel de sombreado por árboles, donde 10 representa la condición más adecuada para el clima

donde se ubica la vivienda. Las características adecuadas de las tres estrategias para cada clima fueron presentadas en el capítulo 2. La calificación para características no adecuadas está basada en una estimación personal de efecto de dichas características en el clima particular.

Para el clima cálido semihúmedo y el cálido seco se asignaron las calificaciones de la siguiente manera. En el caso de la orientación la calificación depende también de la forma, para las viviendas rectangulares con orientación Este-Oeste la calificación es 10, las Noroeste-Sureste y Noroeste-Sureste 3 y las viviendas con orientación Norte-Sur 0 y para las viviendas con forma cuadrada y orientación Este-Oeste la calificación es 8, Noroeste-Sureste y Noroeste-Sureste 1 y Norte-Sur 0. Para el color de techo la mejor opción es un color claro con una calificación de 10, el color intermedio tiene una calificación de 5 y el oscuro calificación de 0. Para el nivel de sombreado lo más recomendable es completamente sombreado por lo que tiene una calificación de 10, moderadamente sombreado 8, poco sombreado 5 y muy poco sombreado 0. Las calificaciones se encuentran en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Calificaciones para climas cálido semihúmedo y cálido seco.

Climas	Parámetro y calificación			
Cálido semi húmedo y Cálido seco	Orientación			
	Este-Oeste	Noreste-Suroeste	Noroeste-Sureste	Norte-Sur
	Casas rectangulares			
	10	3	3	0
	Casas cuadradas			
	8	1	1	0
	Color de techo			
	Claro	Intermedio	Oscuro	
	10	5	0	
	Nivel de sombreado			
	Completamente	Moderadamente	Poco	Muy Poco
	10	8	5	0

En el caso del clima templado semihúmedo se asignaron las calificaciones de la siguiente manera: en el caso de la orientación no se dividía por la forma sólo por la orientación que tuvieran, para las viviendas con orientación Noroeste-Sureste y Noroeste-Sureste la calificación es 10 y para las orientaciones Norte-Sur o Este-Oeste la calificación es 8. Para el color de techo la mejor opción es un intermedio con una calificación de 10 y para los colores claro y oscuro 8. Para el nivel de sombreado lo más recomendable es que sea moderadamente sombreado o poco sombreado con calificación de 10, para completamente sombreado y muy poco sombreado la calificación es 8. Las calificaciones se encuentran en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Calificaciones para clima templado semihúmedo.

Clima	Parámetro y calificación			
Templado semi húmedo	Orientación			
	Este-Oeste	Noreste-Suroeste	Noroeste-Sureste	Norte-Sur
	8	10	10	0
	Color de techo			
	Claro	Intermedio	Oscuro	
	8	10	8	
	Nivel de sombreado			
	Completamente	Moderadamente	Poco	Muy Poco
	8	10	10	8

Para el clima semifrío húmedo se asignaron las calificaciones de la siguiente manera: en el caso de la orientación se volvía a realizar la misma división que en el clima cálido semihúmedo y cálido seco, para viviendas rectangulares con orientación Norte-Sur la calificación es 10, las Noroeste-Sureste y Noroeste-Sureste 6 y las viviendas con orientación Este-Oeste 0. Para las viviendas con forma cuadrada y orientación Norte-Sur la calificación es 10, Noroeste-Sureste y Noroeste-Sureste 8 y Este-Oeste 0. Para el color de techo la mejor opción es un color oscuro con una calificación de 10, el color intermedio 8 y el claro 0. Para el nivel de sombreado lo más recomendable es que sea muy poco sombreado y tiene una calificación de 10, poco sombreado 8, moderadamente

sombreado 5 y completamente sombreado 0. Las calificaciones se encuentran en la Tabla 6.3.

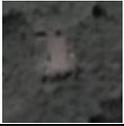
Tabla 6.3. Calificaciones para clima semifrío húmedo.

Clima	Parámetro y calificación			
Semifrío húmedo	Orientación			
	Este-Oeste	Noreste-Suroeste	Noroeste-Sureste	Norte-Sur
	Casas rectangulares			
	0	6	6	8
	Casas cuadradas			
	0	8	8	10
	Color de techo			
	Claro	Intermedio	Oscuro	
	0	8	10	
	Nivel de sombreado			
	Completamente	Moderadamente	Poco	Muy Poco
	0	5	8	10

6.5. Evaluación de las viviendas

Para la evaluación de las viviendas se elaboró una matriz en Excel en donde cada columna representa una vivienda. Las filas se colocaron las características: número de muestra, número aleatorio para latitud, latitud calculada, número aleatorio para longitud, longitud calculada, latitud de la vivienda, longitud de la vivienda, estas últimas dos se llenaban sólo en caso de que en las coordenadas calculadas no hubiera alguna vivienda y ésta se encontraba en un perímetro menor de 0.02° , foto de la vivienda, municipio, clima, forma de la vivienda, orientación, calificación de orientación, color de techo, calificación por color de techo, nivel de sombreado, calificación por nivel de sombreado, perímetro de contención urbano, información sobre si la vivienda era individual o se encontraba en conjunto y la calificación total. Un ejemplo de como se iba evaluando se muestra en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4. Matriz de evaluación de viviendas. Se presenta como ejemplos, las columnas referentes a 5 muestras de viviendas.

No. de muestra	1	2	3	4	5
Número aleatorio para latitud	0.1802	0.0555	0.4327	0.4844	0.8037
Latitud calculada	18.4736	18.3708	18.6820	18.7246	18.9881
Número aleatorio para longitud	0.4394	0.8563	0.0366	0.3970	0.6564
Longitud calculada	99.0095	99.3743	98.6571	98.9724	99.1993
Latitud de la vivienda				18.7210°	18.9827°
Longitud de la vivienda				98.9755°	99.2043°
Foto de la vivienda					
Municipio				Ayala	Cuernavaca
Clima				Cálido semihúmedo	Cálido semihúmedo
Forma				Rectangular	Rectangular
Orientación				Noroeste-Sureste	Norte-Sur
Calificación				3	0
Color de Techo				Intermedio	Oscuro
Calificación				5	0
Nivel de Sombreado				Poco Sombreado	Completamente sombreado
Calificación				5	10
Perímetro de contención urbano				Fuera de perímetro de contención urbana	U3
Vivienda sola o conjunto				Sola	Sola
Calificación final	0	0	0	4.333	3.333

6.6. Cálculo de resultados

En esta Sección se explican los cálculos que se emplearon para la obtención de los resultados de esta investigación.

6.6.1. Distribución de viviendas por clima

Para obtener los resultados de la distribución de viviendas por clima (Tabla 7.1) se calculó el número de viviendas que tenía cada uno de los cuatro climas. El cien por ciento

eran las 270 viviendas y la proporción en cada clima se determinó acorde a éste. Por ejemplo, en el clima cálido semihúmedo hay 199 viviendas, este número se multiplica por 100 y la cantidad que resulte es dividida entre 270 viviendas, dando como resultado final 73.7% de viviendas en el clima cálido semihúmedo.

6.6.2. Orientación

Para obtener los resultados de la orientación (Tabla 7.2) se contabilizaron las viviendas que hay en cada clima por el tipo de base que tienen y luego por cada orientación. Por ejemplo, en el clima cálido semihúmedo con base cuadrada hay un total de 60 viviendas, de las cuales 9 viviendas tienen orientación Norte-Sur, 7 Este-Oeste, 19 Noreste-Suroeste y 25 Noroeste-Sureste, un total de 60 viviendas. Los porcentajes de viviendas por cada clima y cada orientación de las Tablas 7.2 y 7.3 fueron obtenidos siguiendo pasos similares a los de la Sección 6.6.1.

El número de viviendas que hay en un determinado clima, con específico tipo de base y orientación es multiplicado por la calificación que le corresponde, las calificaciones se encuentran en la Sección 6.4. Por ejemplo, en el clima cálido semihúmedo con base cuadrada la orientación Norte-Sur tiene una calificación de 0, multiplicado por el número de viviendas da un total de 0. La orientación Este-Oeste tiene una calificación de 8, multiplicado por el número de viviendas da 56. En la orientación Noreste-Suroeste la calificación es 1, multiplicado por el número de viviendas da 19. La orientación Noroeste-Sureste también tiene una calificación de 1, multiplicado por el número de viviendas da 25. Al finalizar se realiza una suma de estos valores de todas las orientaciones y se divide entre el número total de viviendas, dando una calificación de 1.7 para el clima cálido semihúmedo.

Para la calificación final de la orientación en viviendas con base cuadrada, la calificación por cada clima es multiplicada por el porcentaje de viviendas en ese clima obtenido en la Sección 7.1, al finalizar se realiza una suma de todos los datos obtenidos y se divide entre cien, dando como resultado final 3.0.

6.6.3. Color de techo

Para obtener los resultados del color de techo (Tabla 7.4) se contabilizó el número de viviendas que tienen un determinado tipo de color de techo en cada clima. Por ejemplo, en el clima cálido semihúmedo hay 23 viviendas con color de techo claro, 26 intermedio y

150 oscuro, un total de 199 viviendas. Los porcentajes de viviendas por cada clima y cada orientación de la Tabla 7.4 fueron obtenidos siguiendo pasos similares a los de la Sección 6.6.1.

El número de viviendas en un clima determinado, que tenga un específico de color de techo es multiplicado por la calificación que le corresponde, las calificaciones se encuentran en la Sección 6.4. Por ejemplo en el clima cálido semihúmedo el color claro tiene una calificación de 10, multiplicado por el número de viviendas que cuentan con este tipo de color de techo da un total de 230, el color intermedio tiene una calificación de 5, multiplicado por el número de viviendas da 130, y el color oscuro con una calificación de 0, multiplicado por el número de viviendas da 0. Al finalizar se realiza una suma de estos valores de todos los tipos de colores de techo y se divide entre el número total de viviendas en ese clima. Por ejemplo para el clima cálido semihúmedo, la suma de los tres tipos de color de techo, dividido entre el número total de viviendas en ese clima da como resultado 1.8.

Para la calificación final del color de techo, la calificación por cada clima es multiplicada por el porcentaje de viviendas en ese clima obtenido en la Sección 7.1, al finalizar se realiza una suma de todos los datos obtenidos y se divide entre cien, dando como resultado final 3.1.

6.6.4. Nivel de sombreado por árboles

Para obtener los resultados del nivel de sombreado por árboles (Tabla 7.5) se contabilizó el número de viviendas que tiene un determinado tipo de nivel de sombreado en cada clima. Por ejemplo, en el clima cálido semihúmedo hay 124 viviendas con muy poco nivel de sombreado, 56 con poco sombreado, 16 muy sombreado y 3 completamente sombreado, un total de 199 viviendas. Los porcentajes de viviendas por cada clima y cada orientación de la Tabla 7.5 fueron obtenidos siguiendo pasos similares a los de la Sección 6.6.1.

El número de viviendas en un clima determinado, que tiene un tipo específico de color de techo es multiplicado por la calificación que le corresponde, las calificaciones se encuentran en la Sección 6.4. Por ejemplo en el clima cálido semihúmedo el nivel de sombreado muy poco nivel de sombreado tiene una calificación de 0, multiplicado por el

número de viviendas que cuentan con este tipo de color de techo da un total de 0, el tipo poco sombreado tiene una calificación de 5, multiplicado por el número de viviendas da 280, el tipo muy sombreado tiene una calificación de 8, multiplicado por el número de viviendas da 128 y el tipo completamente sombreado tiene una calificación de 10, multiplicado por el número de viviendas da 30. Al finalizar se realiza una suma de estos valores para todos los tipos de nivel de sombreado y se divide entre el número total de viviendas en ese clima. Por ejemplo para el clima cálido semihúmedo, la suma de los cuatro tipos de nivel de sombreado, dividido entre el número total de viviendas en ese clima da como resultado 2.2.

Para la calificación final del nivel de sombreado por árboles, la calificación por cada clima es multiplicada por el porcentaje de viviendas en ese clima obtenido en la Sección 7.1, al finalizar se realiza una suma de todos los datos obtenidos y se divide entre cien, dando como resultado final 3.4.

6.6.5. Distribución de viviendas dentro de los perímetros de contención urbana

Para obtener los resultados en porcentaje de la distribución de viviendas dentro de los perímetros de contención urbana por clima, se calcula el número de viviendas por perímetro en cada clima. Por ejemplo, en el clima cálido semihúmedo hay 7 viviendas en perímetro U1, este número de viviendas se multiplica por cien y se divide entre el número total de viviendas, que es 199, dando como resultado 4.0%. Para obtener la proporción por perímetro de contención urbana, se realiza una suma de todas las viviendas dentro de un determinado perímetro, el número obtenido se multiplica por cien y se divide entre 270, que es el número total de viviendas del estudio.

Para analizar el nivel de penetración del diseño solar pasivo por perímetro de contención urbana para cada estrategia y total, se graficó la calificación promedio como función del perímetro de contención urbana (Figura 7.1 a 7.4). Por ejemplo, para evaluar la penetración del diseño de la orientación (Figura 7.1), se determinó la calificación promedio para cada uno de los perímetros de contención urbana: U1, U2, U3 y FP. Para cada perímetro, se tomó la calificación de cada vivienda dentro de este perímetro y se calculó el promedio de estas calificaciones de todas las viviendas en este perímetro.

6.6.6. Proporción de viviendas de acuerdo a su agrupamiento

Para obtener los resultados en porcentaje del nivel de agrupamiento de viviendas por clima, se calculó el número de viviendas por nivel de agrupamiento en cada clima. Por ejemplo, en el clima cálido semihúmedo hay 9 viviendas en el nivel de agrupamiento conjunto, este número de viviendas se multiplica por cien y se divide entre el número total de viviendas, que es 199, dando como resultado 4.5%. Para obtener la proporción por nivel de agrupamiento, se realiza una suma de todas las viviendas dentro de nivel de agrupamiento, el número obtenido se multiplica por cien y se divide entre 270, que es el número total de viviendas del estudio.

CAPÍTULO 7. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en esta investigación, se realiza un análisis de los mismos y se discuten en relación a trabajos reportados en la literatura. Se muestra primero la distribución de las viviendas por clima, seguida de la evaluación de la orientación, color de techo y el nivel de sombreado en el estado de Morelos. Adicionalmente se presentan la distribución de las viviendas en los perímetros de contención urbana definidos para el estado de Morelos y la proporción de viviendas de acuerdo a su agrupamiento, en conjunto o solas.

7.1. Distribución de viviendas por clima

Para la distribución de viviendas por clima se tomaron en cuenta los cuatro climas del estado de Morelos presentados en la Sección 2.2. El mayor porcentaje de viviendas se encuentra en el clima cálido semihúmedo con un 73.7% y el menor porcentaje se encuentra en el clima semifrío húmedo con un 6.3%. Los porcentajes de la distribución de viviendas por clima se encuentran en la Tabla 7.1. En la tabla se incluyen los datos de proporción del área del estado por clima proporcionados por CONABIO y UAEM (2004), presentados en la Sección 2.2.

Tabla 7.1. Porcentajes por clima y distribución de viviendas.

Clima	Distribución de viviendas [%]	Proporción del área del estado [%]
Cálido semihúmedo	73.7%	87.0%
Cálido seco	7.4%	0.8%
Templado semihúmedo	12.6%	10.0%
Semifrío húmedo	6.3%	2.2%
Total	100.0%	100.0%

Los resultados obtenidos para la distribución de viviendas en el estado por clima muestran que los climas que tienen los dos porcentajes mayores de distribución coinciden con los dos climas con mayor proporción en área del estado. Esto se debe a que el estudio fue realizado de manera aleatoria en el territorio del estado.

7.2. Orientación

Para la evaluación de la orientación se dividieron las viviendas de acuerdo a la forma de la base, en cuadradas y rectangulares. En la muestra se encontraron 30.7% viviendas cuadradas y 69.3% viviendas rectangulares.

Los porcentajes de viviendas por orientación y por clima para viviendas de base cuadrada se presentan en la Tabla 7.2 y para las viviendas de base rectangular estos valores se reportan en la Tabla 7.3. En ambas tablas se incluyen la calificación para cada orientación y clima, la calificación por clima y la calificación total para el tipo de base. La calificación total para las viviendas cuadradas es 3.0, para las viviendas rectangulares 4.8, por lo que tomando en cuenta la proporción de viviendas de cada base, la calificación total de la orientación es 4.3.

Tabla 7.2. Porcentajes de viviendas por orientación y calificación de orientación para cada clima. Entre paréntesis se indica la calificación para cada orientación y clima.

Viviendas con base cuadrada						
Clima	Orientación				Porcentaje de viviendas por clima [%]	Calificación
	Norte-Sur	Este-Oeste	Noreste-Suroeste	Noroeste-Sureste		
Cálido semi húmedo	15.0% (0)	11.7% (8)	31.7% (1)	41.7% (1)	73.7%	1.7
Cálido seco	20.0% (0)	20.0% (8)	60.0% (1)	0.0% (1)	7.4%	2.2
Templado semi húmedo	7.7% (8)	15.4% (8)	69.2% (10)	7.7% (10)	12.6%	9.5
Semifrío húmedo	20.0% (10)	20.0% (0)	40.0% (8)	20.0% (8)	6.3%	6.8
Total	14.5%	13.3%	39.8%	32.5%	100.0%	3.0

Tabla 7.3. Porcentajes de viviendas por orientación y calificación de orientación para cada clima. Entre paréntesis se indica la calificación para cada orientación y clima.

Viviendas con base rectangular						
Clima	Orientación				Porcentaje de viviendas por clima	Calificación
	Norte-Sur	Este-Oeste	Noreste-Suroeste	Noroeste-Sureste		
Cálido semihúmedo	23.0% (0)	25.9% (10)	28.1% (3)	23.0% (3)	73.7%	4.1
Cálido seco	26.7% (0)	20.0% (10)	40.0% (3)	13.3% (3)	7.4%	3.6
Templado semihúmedo	19.0% (8)	23.8% (8)	23.8% (10)	33.3% (10)	12.6%	9.1
Semifrío húmedo	16.7% (8)	25.0% (0)	25.0% (6)	33.35 (6)	6.3%	4.8
Total	22.5%	25.1%	28.3%	24.1%	100.0%	4.8

La orientación adecuada para las viviendas cambia en cada clima, por ejemplo, para el clima cálido semihúmedo la mejor orientación es Este-Oeste, los resultados muestran que sólo un 11.7% en viviendas cuadradas cuentan con esta orientación mientras que la orientación con mayor porcentaje de viviendas es Noroeste-Sureste con un 41.7%. En el caso de las viviendas rectangulares la orientación Este-Oeste tiene un 25.9%, mientras que el porcentaje más alto es Noreste-Suroeste tiene un 28.1%. Para el clima cálido seco en viviendas con base cuadrada la mejor orientación es Este-Oeste, hay un 20% con esa orientación y la orientación con más porcentaje es Noreste-Suroeste con 60%. En el caso de las viviendas rectangulares hay un 20% con orientación Este-Oeste y el mayor porcentaje está en Noreste-Suroeste con 40%. Para las viviendas en clima templado semihúmedo las mejores orientaciones son Noreste-Suroeste y Noroeste-Sureste, en las viviendas cuadradas las orientaciones Noreste-Suroeste y Noroeste-Sureste tienen 69.2% y 7.7% respectivamente, para las viviendas rectangulares las orientaciones Noreste-Suroeste y Noroeste-Sureste tienen 23.8% y 33.3% respectivamente, las viviendas con ambos tipos de bases cuentan con una orientación adecuada. En el clima semifrío húmedo la mejor orientación es Norte-Sur, en las viviendas cuadradas hay un 20% y un 40% en la orientación Noreste-Suroeste, en el caso de las viviendas rectangulares hay un 22.5% en la orientación Norte-Sur y un 28.3% en la orientación Noreste-Suroeste.

La calificación por orientación que tiene cada clima es baja, a excepción del clima templado semihúmedo que tiene 9.5 de calificación en el caso de las viviendas cuadradas y 9.1 en las viviendas rectangulares. Ésto se debe a que en este clima, la

orientación no es tan importante, por lo tanto las calificaciones son altas para todas las orientaciones. También se debe tomar en cuenta que las orientaciones Noreste-Suroeste y Noroeste-Sureste en este clima tienen el mayor porcentaje de viviendas y la calificación más alta. Las calificaciones de los dos climas cálidos y el clima semifrío húmedo son bajas, esto se debe a que la mayor parte de las viviendas en estos climas se encuentran en las orientaciones que no son adecuadas. La inadecuada orientación de las viviendas puede estar ligada a los perímetros de contención urbana, debido a que las viviendas que se encuentran dentro de ellos pueden tener más posibilidades de ser diseñadas y construidas bajo criterios de diseño solar pasivo en comparación con las viviendas localizadas fuera de los perímetros.

El resultado obtenido para el clima cálido semihúmedo, donde solo 21.6% de las viviendas sin importar la forma de la base, tienen la orientación adecuada, este porcentaje es mayor al obtenido en el estudio de Castillo et al. (2011), realizado en Temixco Morelos con clima cálido semihúmedo, donde solo el 1% de las viviendas evaluadas, viviendas iguales construidas en grandes fraccionamientos que se encontraban en venta, tienen una orientación adecuada. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio se aproximan a los resultados del estudio de Huelsz et al. (2011), este estudio fue realizado con la misma metodología que el anterior en cinco ciudades de México, los climas presentes en este estudio son: cálido húmedo, cálido semihúmedo, cálido seco y templado húmedo. Los resultados reportan que solo el 10% del total de viviendas evaluadas tienen una orientación adecuada.

En el estudio de Kruzner et al. (2013) realizado en Estados Unidos, también se encuentran resultados que señalan que no se construyen las viviendas con la orientación más adecuada al clima, aunque los resultados no son tan malos. De acuerdo con este estudio la orientación adecuada para las regiones de clima frío es Norte-Sur, esta orientación tiene un 30.7% del total de las viviendas evaluadas. Para el clima cálido, el 38.6% tienen la orientación adecuada, que es Este-Oeste.

7.3. Color de techo

Para la evaluación del color del techo se tomaron tres niveles. En la muestra hay un 11% de viviendas con techo claro, un 15% con techo intermedio y un 75% con techo oscuro en todo el estado. La calificación total del color de techo en las viviendas es de 3.1. Los porcentajes por clima y color de techo y la calificación por clima se encuentran en la Tabla 7.4.

Tabla 7.4. Porcentajes de viviendas por color de techo y por clima y calificación de color de techo para cada clima. Entre paréntesis se indica la calificación para cada color de techo y clima.

Clima	Color de techo				Calificación
	Claro [%]	Intermedio [%]	Oscuro [%]	Porcentaje de viviendas por clima	
Cálido semihúmedo	12.0% (10)	13.0% (5)	75.0% (0)	73.7%	1.8
Cálido seco	5.0% (10)	35.0% (5)	60.0% (0)	7.4%	2.3
Templado semihúmedo	15.0% (8)	15.0% (10)	70.0% (8)	12.6%	8.3
Semifrío húmedo	6.0% (0)	12.0% (8)	82.0% (10)	6.3%	9.2
Proporción de viviendas por color de techo	11.0%	15.0%	74.0%	100.0%	3.1

Los cuatro climas tienen diferente calificación por cada color de techo. En el caso del clima cálido semihúmedo el mejor color es claro, sin embargo, el color claro sólo se presenta en el 12%, mientras que el color oscuro que es el menos adecuado tiene un 75%, lo que da una calificación muy baja para este clima, de 1.8. Para el clima cálido seco el color más adecuado es también el claro y tiene un 5% mientras que el color menor adecuado que es el oscuro tiene un 60%, dando una calificación de 2.3. En el clima templado semihúmedo el color más adecuado es el intermedio y tiene un 15% mientras que el color oscuro tiene un 70%, dando una calificación de 8.3. En el clima semifrío húmedo el color más adecuado es el oscuro, éste es el único clima que tiene el mayor porcentaje de viviendas, 82%, en el color adecuado, dando una calificación de 9.2.

La predominancia del color oscuro sobre los otros colores influye de distintas maneras en la calificación de los climas. En las viviendas ubicadas en los climas cálidos afecta de manera negativa propiciando una calificación baja. En el caso del clima templado semihúmedo hay una calificación alta debido a que las calificaciones para este clima son altas para todos los colores de techo. En el caso del clima semifrío húmedo la tendencia de color oscuro afecta de manera positiva ayudando a conseguir una calificación alta. La predominancia del color oscuro en todos los climas puede deberse a tres factores, uno el económico al utilizar el chapopote como impermeabilizante barato, el segundo es cultural y es utilizar el impermeabilizante rojo terracota que semeja techos de teja y el tercer factor es el desconocimiento de la importancia del color de techo para el confort térmico de acuerdo al clima.

En este estudio, para el clima cálido semihúmedo el 75% de las viviendas tienen techo obscuro y el 12% techo claro, mientras que en el estudio de Castillo et al. (2011) las viviendas con color de techo oscuro, representan el 47% y el 53% de las viviendas tienen color de techo claro, lo cual indica que una parte de los constructores de vivienda para la fecha del estudio eran más conscientes en este aspecto de las condiciones adecuadas para las viviendas en este clima. En el estudio de Huelsz et al. (2011) se presentan cuatro climas: cálido húmedo, cálido semihúmedo, cálido seco y templado húmedo. En dicho estudio 83% del total de las viviendas evaluadas tienen un color de techo adecuado, sin embargo esto se tiene porque la mayoría de las viviendas evaluadas correspondieron al clima templado donde el color obscuro es adecuado.

En el estudio de Kruzner et al (2013) se reporta que en Estados Unidos el color de techo más abundante es el claro, 37.7%, el intermedio tiene 34% y el menos abundante es el oscuro con 28.3%. Como se mencionó anteriormente, el estudio divide Estados Unidos en siete regiones que a su vez se dividen en cuatro regiones frías y tres cálidas. Para las regiones frías no es conveniente la tendencia del color de techo claro, lo adecuado son techos de color oscuro, mientras que para las regiones con clima cálido la tendencia del color de techo claro es conveniente.

7.4. Nivel de sombreado por árboles

Para la evaluación del nivel de sombreado por árboles se tomaron en cuenta cuatro niveles de sombreados. En la muestra se encontró que hay un 59.6% de viviendas con muy poco sombreado, 30.7% con poco sombreado, 8.1% moderadamente sombreado y 1.5% completamente sombreado en todo el estado. La calificación total del nivel de sombreado en las viviendas es de 3.4. Los porcentajes por clima y nivel de sombreado y la calificación por clima se encuentran en la Tabla 7.5.

Tabla 7.5. Porcentajes de viviendas para nivel de sombreado por clima y calificación por nivel de sombreado para cada clima. Entre paréntesis se indica la calificación para cada nivel de sombreado y clima.

Clima	Nivel de sombreado por árboles					Calificación
	Muy poco sombreado	Poco sombreado	Moderadamente sombreado	Completamente sombreado	Porcentaje de viviendas por clima	
Cálido semi-húmedo	62.3% (0)	28.1% (5)	8.0% (8)	1.5% (10)	73.7%	2.2
Cálido seco	70.0% (0)	20.0% (5)	10.0% (8)	0.0% (10)	7.4%	1.8
Templado semi-húmedo	47.1% (8)	44.1% (10)	8.8% (10)	0.0% (8)	12.6%	9.1
Semifrío húmedo	41.2% (10)	47.1% (8)	5.9% (5)	5.9% (0)	6.3%	8.2
Proporción de viviendas por nivel de sombreado por árboles	59.6%	30.7%	8.1%	1.5%	100.0%	3.4

Cada clima tiene diferente calificación por nivel de sombreado por árboles. En el clima cálido semihúmedo el nivel más adecuado es completamente sombreado, en este caso sólo un 1.5% de las viviendas evaluadas en ese clima cuenta con este nivel de sombreado, mientras que el más predominantes y el menos adecuado para este clima es muy poco sombreado con 62.3%, lo que lleva a una calificación de 2.2 para este clima. Para el clima cálido seco el nivel de sombreado por árboles adecuado es completamente sombreado, sin embargo en este nivel hay 0% de viviendas con este nivel de sombreado, por otro lado el nivel de sombreado menos adecuado que es muy

poco sombreado tiene 70%, esto lleva a la calificación de 1.8. En el clima templado semihúmedo los niveles de sombreado por árboles más adecuados son poco sombreado y moderadamente sombreado, estos niveles tienen 44.1% y 8.8% respectivamente, el más predominante es el nivel muy poco sombreado con 47.1%, este clima tiene una calificación de 9.1. En el clima semifrío húmedo el mejor nivel de sombreado por árboles es el nivel muy poco sombreado, sólo en este clima el mayor porcentaje de viviendas tiene el nivel adecuado con 41.2% y el menor porcentaje lo tiene el nivel completamente sombreado con 1.5%, la calificación es de 8.2.

Como se muestra, la tendencia en todos los climas es que las viviendas tengan muy poco sombreado, el 59.6% de viviendas de la muestra tienen este nivel de sombreado. Esto se debe al poco uso de vegetación cerca de las viviendas que se tiene en el estado, independientemente del clima. La falta de árboles en las viviendas se puede deber a tres factores, uno el espacio, las viviendas cuentan con poco terreno en el que no es posible que se planten árboles, el segundo, la falta de conocimiento sobre árboles que puedan crecer en ciertas regiones de acuerdo al clima, el tercero, el mantenimiento de los árboles puede resultar difícil e incluso un gasto extra.

El estudio de Castillo et al. (2011) se elaboró en clima cálido semihúmedo. Este estudio presenta resultados similares a los obtenidos en este estudio, ya que 56% de viviendas tienen un uso insuficiente de vegetación, esto quiere decir, que no hay ningún árbol o hay muy pocos árboles en la mayoría de las viviendas evaluadas. Lo mismo ocurre en el estudio de Huelasz et al. (2011) ya que el 0.5% del total de viviendas evaluadas en el estudio presentan un nivel no adecuado de uso de vegetación en las viviendas, lo cual quiere decir que en las viviendas no hay ningún árbol o muy pocos árboles alrededor. El nivel de uso de vegetación perjudica a las viviendas localizadas en los climas: cálido húmedo, cálido semihúmedo, cálido seco y templado húmedo.

Lo mismo ocurre en el estudio de Kruzner et al. (2013), el 78.8% de las viviendas evaluadas en ese estudio tienen el mínimo nivel de sombreado, esto es benéfico para las viviendas localizadas en las cuatro regiones de clima frío, por el contrario el nivel de sombreado completo abunda en sólo 0.8% del total de las viviendas evaluadas,

perjudicando a las viviendas en climas cálidos. Los autores no dan porcentajes de este parámetro por tipo de clima.

7.5. Distribución de viviendas dentro de los perímetros de contención urbana

Para la determinación de la distribución de viviendas dentro de los perímetros de contención urbana se utilizó la división establecida en las reglas de operación del Programa de Consolidación de Reservas Urbanas presentadas la Sección 2.7. En la muestra se encontró que hay un 3.0% de viviendas en zonas consolidadas urbanas (U1), 4.8% en zonas en proceso de consolidación (U2), 3.3% en zonas contiguas al área urbana (U3) y 88.9% fuera del perímetro de contención urbana (FP).

Tabla 7.6. Porcentajes de viviendas por perímetro de contención urbana para cada clima.

Clima	Perímetros de contención urbana			
	Zonas consolidadas urbanas (U1)	Zonas en proceso de consolidación (U2)	Zonas contiguas al área urbana (U3)	Fuera del perímetro de contención urbana (FP)
Cálido semihúmedo	4.0%	6.0%	3.0%	87.0%
Cálido seco	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
Templado semihúmedo	0.0%	2.9%	5.9%	91.2%
Semifrío húmedo	5.9%	0.0%	5.9%	88.2%
Proporción por perímetro de contención urbana	3.0%	4.8%	3.3%	88.9%

La mayoría de las viviendas que se evaluaron se encuentran fuera de los perímetros de contención urbana, esto se debe a que las áreas de las zonas que se consideran como perímetros son pequeñas en comparación con todo el territorio y a que el estudio se realizó de manera aleatoria en el territorio del estado.

Como se mencionó en la Sección 5, el objetivo de utilizar los perímetros de contención urbana es analizar si existe alguna influencia de éstos en el nivel de penetración del diseño solar pasivo. En la Figura 7.1 se presentan los resultados de la orientación, en la

Figura 7.2 el color de techo, en la Figura 7.3 el nivel de sombreado y en la Figura 7.4 el nivel de penetración del diseño solar pasivo.

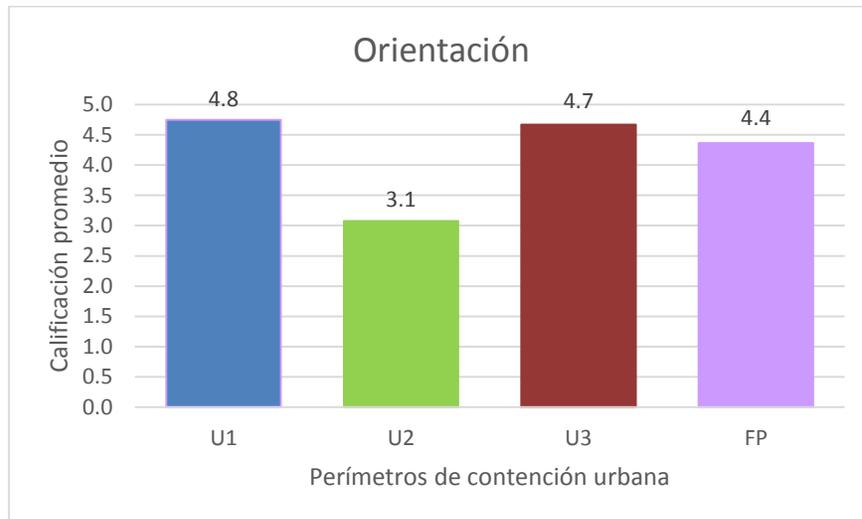


Figura 7.1. Nivel de penetración de la orientación en los perímetros de contención urbana.

La Figura 7.1 muestra que la calificación promedio de las viviendas en el perímetro U1 es 4.8, en el perímetro U2 es 3.2, en el perímetro U3 es 4.7 y en el perímetro FP es 4.4.

La calificación más alta se encuentra en el perímetro U1 y la más baja en U2, la calificación de las viviendas fuera del perímetro, (FP), es una calificación intermedia. Estos resultados indican que el nivel de penetración del diseño solar pasivo para el diseño de la orientación de las viviendas es bajo dentro y fuera de los perímetros de contención urbana, es decir, que la orientación no ha sido tomada en cuenta en la construcción de las viviendas y que no hay correlación entre el nivel de penetración y el perímetro de contención urbana. Esto se puede deber a dos factores, el primero, los constructores no conocen los beneficios de la adecuada orientación y segundo, en ocasiones la forma que tiene la calle sobre la que se construye la vivienda no permite una adecuada orientación.

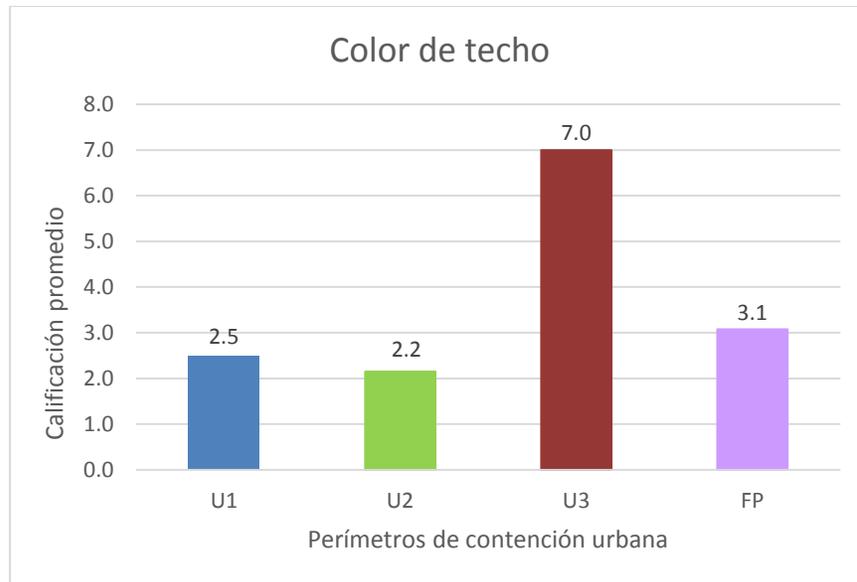


Figura 7.2. Nivel de penetración del color de techo en los perímetros de contención urbana.

La Figura 7.2 muestra que la calificación promedio de las viviendas en el perímetro U1 es 2.5, en el perímetro U2 la calificación es 2.2, en el perímetro U3 es 7.0 y en el perímetro FP es 3.1.

La calificación más alta se encuentra en el perímetro U3 y la más baja en U2, la calificación de las viviendas fuera del perímetro, (FP), es la segunda más alta. Estos resultados indican que el nivel de penetración del diseño solar pasivo en el color de techo de las viviendas puede estar dentro y fuera de los perímetros de contención urbana, pero en niveles bajos. La calificación de U3 puede deberse a que la mayor parte de las viviendas ya están diseñadas y construidas bajo criterios de diseño solar pasivo, ya que en este perímetro la mayoría de las viviendas son nuevas. Por otro lado las demás viviendas dentro y fuera del perímetro utilizan colores de techo que no son adecuados.

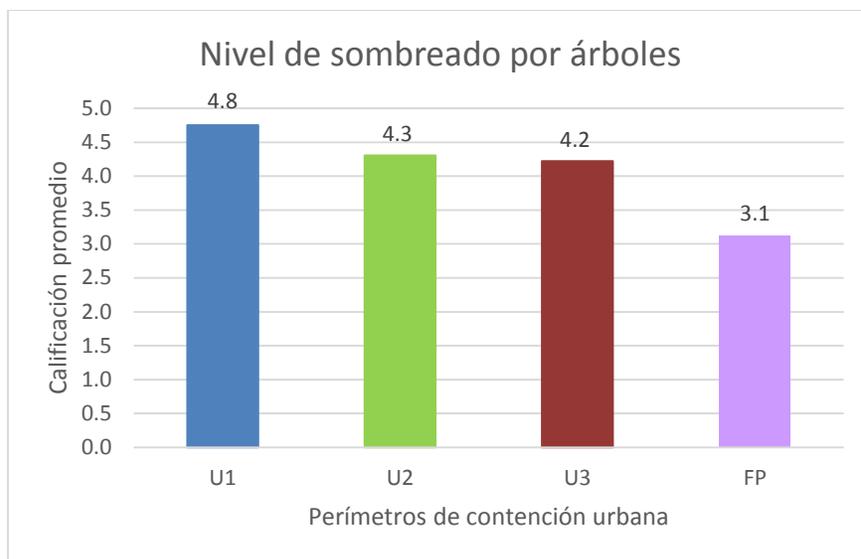


Figura 7.3. Nivel de penetración del nivel de sombreado por árboles en los perímetros de contención urbana.

La Figura 7.3 muestra que la calificación promedio de las viviendas en el perímetro U1 es 4.8, en el perímetro U2 la calificación es 4.3, en el perímetro U3 es 4.2 y en el perímetro FP es 3.1.

La calificación más alta se encuentra en el perímetro U1 y la más baja en FP. Estos resultados indican que existe una ligera correlación entre el nivel de penetración del diseño solar pasivo con respecto al uso adecuado al clima del nivel de sombreado por árboles de las viviendas y el perímetro de contención urbana, con mayor nivel de penetración entre más cercano sea a servicios, es decir al núcleo urbano (U1). Las viviendas que están dentro de los perímetros tienen más espacio para tener árboles en comparación con las viviendas fuera de éstos. Esto puede deberse a que las viviendas más antiguas y con más espacio para tener árboles son las más cercanas a los núcleos urbanos, antes era posible adquirir terrenos más grandes y menos costosos que en la actualidad.

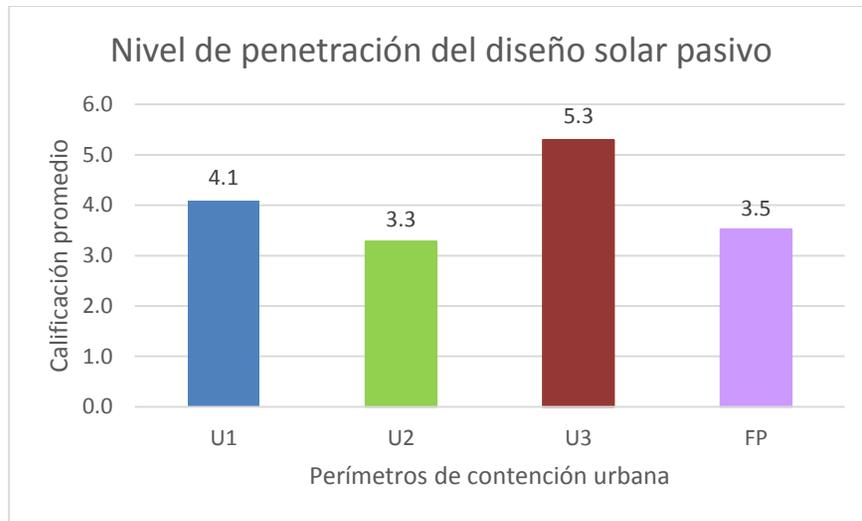


Figura 7.4. Nivel de penetración del diseño solar pasivo de viviendas en los perímetros de contención urbana.

La Figura 7.4 muestra que la calificación promedio de las viviendas en el perímetro U1 es 4.1, en el perímetro U2 la calificación es 3.3, en el perímetro U3 es 5.3 y en el perímetro FP es 3.5.

La calificación más alta se encuentra en el perímetro U3 y la más baja en U2. Estos resultados indican que no hay una relación directa entre estar dentro o fuera de los perímetros de contención urbana, porque incluso aunque dos de los tres tipos de perímetro tienen mayores calificaciones en comparación con las viviendas fuera de perímetro, estas calificaciones son bajas. Esto se debe a que no se ha contemplado el diseño solar pasivo al construir las viviendas.

7.6. Proporción de viviendas de acuerdo a su agrupamiento

Se consideraron dos niveles de agrupamiento: en conjunto y viviendas solas. En la muestra se encontró que hay un 96.3% de viviendas solas y 3.7% viviendas en conjunto.

Tabla 7.7. Porcentajes de viviendas por nivel de agrupamiento para cada clima.

Clima	Nivel de agrupamiento	
	Solas [%]	Conjunto [%]
Cálido semihúmedo	95.5%	4.5%
Cálido seco	100.0%	0.0%
Templado semihúmedo	100.0%	0.0%
Semifrío húmedo	94.1%	5.9%
Proporción por nivel de agrupamiento	96.3%	3.7%

Los resultados de la proporción de viviendas concuerdan con los resultados de los perímetros de contención urbana. La mayoría de las viviendas en conjunto se encuentran dentro de los perímetros de contención urbana debido a que están junto a zonas donde hay mayor cantidad de servicios, por otro lado las viviendas solas están más distribuidas por todo el estado dentro y fuera de los perímetros de contención urbana.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este estudio se siguió una metodología que permite conocer el nivel de penetración del diseño solar pasivo en el estado de Morelos, con el análisis de los resultados obtenidos de las viviendas evaluadas se concluye lo siguiente.

El nivel de penetración del diseño solar pasivo que existe en el estado de Morelos es bajo. Ningún aspecto evaluado tuvo un resultado en el cual se observe que existió un interés por diseñar y construir las viviendas de acuerdo al clima. Sin embargo, este estudio da un panorama de los aspectos con los cuales se puede trabajar en un futuro para mejorar las viviendas.

La orientación de las viviendas en tres de los cuatro climas arroja una baja calificación, lo cual indica que las viviendas no toman en cuenta este aspecto del diseño solar pasivo desde su construcción. Diseñar adecuadamente las viviendas resulta más económico que realizar cambios una vez terminada la construcción.

La tendencia del color oscuro en los techos en los climas cálidos lleva a una baja calificación en el sistema de calificaciones implementado. La situación que esta calificación refleja es el alto potencial que tienen las viviendas para utilizar colores claros, la implementación de estos colores ayudarían a la reducción de la temperatura del aire dentro de las viviendas, así como a disminuir el uso de sistemas de enfriamiento mecánicos en caso de que sean utilizados en las viviendas. Para el clima semifrío húmedo la situación en el estado es más favorable, debido a que el color oscuro es predominante también en este clima, existe un porcentaje de viviendas no despreciable que no cumplen con el uso de color oscuro en techos, en estos casos falta aún la implementación de esta característica que ayude a mantener una temperatura adecuada al interior de las viviendas.

La falta de árboles en las viviendas afecta de manera negativa la calificación de los dos climas cálidos, el nivel de sombreado que tienen las viviendas en este clima muestra

el alto potencial que existe para plantar árboles alrededor de las viviendas, debe tomarse en cuenta el espacio que tienen las viviendas para implementar esto, también puede considerarse no plantar precisamente árboles y optar por arbustos que eviten la incidencia de la radiación solar en los alrededores de la vivienda. En el caso del clima templado semihúmedo el nivel de sombreado que tienen las viviendas evaluadas en este clima es alto, aun así es importante que las demás viviendas que no cumplen con las características adecuadas implementen el uso de poca o de moderada vegetación. Para las viviendas localizadas en el clima semifrío húmedo existe un nivel de sombreado adecuado al clima, es importante que las viviendas que tengan nivel de sombreado completo no talen los árboles, ya que existen otros métodos que permiten favorecer la ganancia solar.

Los perímetros de contención urbana no están directamente relacionados con el nivel de penetración del diseño solar pasivo en las viviendas, ya que en algunos aspectos el nivel era más alto dentro y en algunos otros era más alto afuera. Esto se debe a que no se construye de acuerdo a un ordenamiento territorial que indique como debe ser la construcción de viviendas de manera que ayuden a la reducción del consumo energético.

Las recomendaciones derivadas de este estudio son:

- Diseñar adecuadamente las viviendas resulta más económico que realizar cambios una vez terminada la construcción.
- Realizar campañas que promuevan la orientación de viviendas, el uso de colores de techo y el uso de vegetación adecuados para cada clima.
- Exhortar al gobierno a que en los reglamentos y códigos de construcción se incluyan estrategias de diseño bioclimático, en particular de diseño solar pasivo como las evaluadas en este trabajo
- Exhortar a los gobiernos a la creación de programas que incentivan el uso de tecnologías que reducen el consumo de recursos energéticos.
- Promover el ordenamiento territorial.

Bibliografía

Comisión Estatal del Agua. (2014). *Programa Estatal Hídrico 2014-2018*. Recuperado de

:

http://www.transparenciamorelos.mx/sites/default/files/17_PROGRAMA%20ESTATAL%20H%C3%8DDRICO_1.pdf. Consultado el: 25 de Septiembre del 2016.

Abanda, F., & Byers, L. (2016). *An investigation of the impact of building orientation on energy consumption in a domestic building usign emerging BIM (Building Information Modelling)*. *Energy*, 97, 517-527.

Akbari, H., Konopacki, S., & Pomerantz, M. (1999). *Cooling energy saving potential of reflective roofs for residential and commercial building in the United States*. *Energy*, 24, 391-407.

Barbero , F. J., Batlles, F., López, G., Pérez, M., Rodrigo, F., & Rubio, M. (1998). *Radiación solar y aspectos climatológicos de Almería 1990-1996* (Vol. VI). Almería: Universidad Almería.

Bateman, A. (2007). *Hidrología básica aplicada*. Cataluña, España: Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos. Recuperado de: https://www.google.com.mx/search?q=formaci%C3%B3n+de+gotas+por+coalescencia&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=0ahUKEwjTluyqZDSAUX2WMKHU4dAEMQ_AUICcgB&biw=1138&bih=510&dpr=1.2#tbm=isch&q=Hidrolog%C3%ADa+aplicada+allen+bateman+ Consultado el: 2 de Febrero de 2017

Brown, T. L., LeMay, H. E., Bursten, B. E., & Burdge, J. R. (2004). *Química. La ciencia central*. PEARSON EDUCACIÓN. Recuperado de: https://books.google.com.mx/books?id=jbNCBpVwE9AC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false Consultado el: 23 de Enero de 2017.

Burbano de Ercilla, S., Burbano García, E., & Gracia Muñoz, C. (2003). *Física General* (32a. ed.). Tebar. Recuperado de:

<https://books.google.com.mx/books?id=BWgSWTYofilC&pg=PA267&dq=presi%C3%B3n+atmosf%C3%A9rica&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwi3ue2y5brRAhXHHfQKHQcsAicQ6AEIGTAA> Consultado el: 11 de Enero del 2017.

Castillo, J. A., Lira-Oliver, A., Muñoz, J. J., Ramírez, C. Á., Juárez, S. N., Rojas, J., & Huelsz, G. (2011). *Uso de sistemas pasivos de climatización en la zona de Temixco Morelos con clima cálido semihúmedo*. En *Memorias del XXXV Congreso Nacional de Energía Solar* (págs. 188-184). Chihuahua, Mexico: ANES.

Cheng, V., Ng, E., & Givoni, B. (2005). *Effect of envelope colour and thermal mass on indoor temperatures in hot humid climate*. *Solar Energy*(78), 528-534.

Comisión Nacional de Vivienda. (2010). *Código de edificación de vivienda (2da. ed.)*. Recuperado de: www.gob.mx/conavi/documentos/codigo-de-edificacion-de-vivienda Consultado el: 25 de Septiembre del 2016.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO] y Universidad Autónoma del estado de Morelos [UAEM]. (2004). *La Diversidad Biológica en Morelos*. (T. Contreras MacBeath, F. Jaramillo Monroy, & J. C. Boyás Delgado, Edits.) CONABIO. Recuperado de: www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/EE_Morelos_2006.pdf Consultado el: 4 de Enero del 2017.

De la Rosa Erosa, E. (2012). *Introducción a la teoría de la arquitectura* (Primera ed.). Red Tercer Milenio S. C. Recuperado de: www.aliat.org.mx/.../construccion/Introduccion_a_la_teor%C3%ADa_de_la_arquitectura.pdf Consultado el: 20 de Enero del 2017.

Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes* (Segunda ed.). Wiley- Interscience Publication.

Fernández García, F. (1994). Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos. *Serie Geográfica*, 4, 112-114. Recuperado de: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:KhjRivmaG4J:dspace.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/1030/Clima%2520y%2520Confortabilidad>

ad%2520Humana.%2520Aspectos%2520Metodo%25C3%25B3gicos.pdf%3Fsequence%3D1+&cd=15&hl=es419&ct=clnk&gl=mx Consultado el: 10 de Mayo del 2017.

Garzón, B. (2007). *Arquitectura bioclimática* (1a ed.). Buenos Aires, Argentina: Nobuko. Recuperado de https://books.google.com.mx/books?id=DdkZpdiMQdcC&pg=PA19&dq=estrategias+de+dise%C3%B1o+bioclim%C3%A1tico&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwim9Jvu6L_QAhXKr1QKHfEoAQkQ6AEIJTAA#v=onepage&q=estrategias%20de%20dise%C3%B1o%20bioclim%C3%A1tico&f=false Consultado el: 29 de Noviembre del 2016.

Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. John Wiley & Sons.

Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE. Recuperado de: https://books.google.com.mx/books?id=rnqan8BOVNAC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false Consultado el: 26 de Abril del 2017.

Gómez Giraldo, H. (2009). *Estadística*. Recuperado de: www.bdigital.unal.edu.co/2010/1/hugogomezgiraldo.2009.pdf Consultado el: 20 de Enero del 2017.

Gómez M., J. E. (2010). *Vivienda efímera urbana: ¿arquitectura vernácula?*. *Dearq*(07), 136-143.

Haase, M., & Amato, A. (2009). *An investigation of the potential for natural ventilation and building orientation to achieve thermal comfort in warm and humid climates*. *Solar Energy*(83), 389-399.

Huelsz Lesbros, G. (2016). *Energía en edificaciones*. CCH Vallejo.

Huelsz Lesbros, G. (2017). *Introducción al diseño bioclimático*.

- Huelsz Lesbros, G., & Sierra Huelsz, J. A. (1 de Septiembre de 2013). *Hacia edificaciones más sustentables*. *Revista Digital Universitaria UNAM*, XIV(9), 1-17.
- Huelsz, G., Gómez, A., Figueroa, A., Elías-López, P., & Ochoa, J. M. (2011). *Uso de sistemas pasivos de climatización en cinco zonas de la República Mexicana*. En *Memorias del XXXV Congreso Nacional de Energía Solar* (págs. 177-188). Chihuahua: ANES.
- Hwang, W., Wiseman, P., & Thomas, V. (2016). *Enhancing the energy conservation benefits of shade trees in dense residential developments using an alternative tree placement strategy*. *Landscape and Urban Planning*, 158, 62-74.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2015). *Cuéntame INEGI*. Recuperado de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mor/poblacion/vivienda.aspx?tema=me&e=17> Consultado el: 22 de Noviembre del 2016.
- Kruzner, K., Cox, K., Machmer, B., & Klotz, L. (2013). *Trends in observable passive solar design strategies for existing homes in the U.S.* *Energy Policy*, 55, 82-94. doi:10.1016/j.enpol.2012.10.071
- Martínez Bencardino, C. (2012). *Estadística y muestro* (13a. ed.). Bogotá: ECOE EDICIONES.
- Morillón G, D., & Mejía D, D. (2004). *Modelo para diseño y evaluación del control solar en edificios*. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: https://books.google.com.mx/books?id=VDWAoVBcwLAC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false Consultado el: 26 de abril del 2017.
- Morrissey, J., Moore, T., & Horne, R. (2011). *Affordable passive solar design in a temperate climate: An experiment in residential building orientation*. *Renewable Energy*, 36, 568-577.

- Muñoz Razo, C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis* (Segunda ed.). México: Pearson.
- Obregón Reynaga , J. (2010). *Método estadístico*. UNAM. Recuperado de: https://www.google.com.mx/?gfe_rd=cr&ei=8X6kWIrtE4nD8gekupG4Cg&gws_rd=ssl#q=jesus+reynaga+obregon+libro Consultado el 15 de Febrero del 2017.
- Olgay, V. (1963). *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton University. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=AeZEAAAAYAAJ&q=olgyay+victor+1963&dq=olgyay+victor+1963&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEWjL84yy9sLTAhVhziQKHRiUAmYQ6AEIJzAA> Consultado el 23 de Noviembre del 2017.
- Ramírez Gonzáles, A. (1999). *Ecología aplicada: diseño y análisis estadístico*. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Recuperado de: <https://books.google.com.mx/books?id=nrWaXgx8YAIC&pg=PA95&dq=tipos+de+muestras+estadistica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEWjPk9vW3KnRAhXGxFQKHfiNBD0Q6AEINDAD#v=onepage&q=tipos%20de%20muestras%20estadistica&f=false> Consultado el: 4 de Enero del 2017.
- Reyes Coca, S. (2002). *Introducción a la meteorología*. Mexicali, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.
- Rodríguez, R. M., Portela, A., & Capa, Á. B. (2005). *Meteorología y climatología*. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.
- Sarmiento M, P. (2007). *Energía solar en arquitectura y construcción*. RIL editores.
- Secretaría de desarrollo agrario, territorial y urbano (2015). *Reglas de Operación del Programa de Consolidación de Reservas Urbanas, para el ejercicio fiscal 2016*. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5421627&fecha=29/12/2015 Consultado el: 28 de Enero del 2017.

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano; Comisión Nacional de Vivienda. (2015). *Perímetros de contención Urbana*. Recuperado de: <http://renaret.conavi.gob.mx/pcus/Home/Map2015> Consultado el: 10 de Diciembre del 2016.

Serra Florensa, R., & Coch Roura, H. (2001). *Arquitectura y energía natural*. Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado de: https://books.google.com.mx/books?id=5hCiCgAAQBAJ&pg=PA79&dq=que+es+el+confort&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiD_oLN8tLTAhVL54MKHTjpAekQ6AEIKDAB#v=onepage&q=que%20es%20el%20confort&f=false Consultado el: 28 de Abril del 2017.

Simá, E., Chagolla-Aranda, M., Huelsz, G., Tovar, R., & Alvarez, G. (2015). Tree and neighboring buildings shading effects on the thermal performance of a haouse in a warm sub-humid climate. *Building Simulation*. doi:10.1007/s12273-015-0247-2

Talayero Navales, A. P., & Telmo Martínez, E. (2011). *Energía eólica* (Segunda ed.). Prensas Universitarias de Zaragoza.

Wang, Y., & Akbari, H. (2016). The effects of street tree planting on Urban Heat Island mitigation in Montreal. *Sustainable Cities and Society*(27), 122-128.

Wendor, C. M. (1989). *Hidrología: para estudiantes de ingeniería civil*. Perú: CONCYTEC.