



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL-UNIDAD OAXACA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y
APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES
(INGENIERÍA DE PROCESOS)**

**“ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA LA
CIUDAD DE OAXACA Y ZONA CONURBADA”**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER SOL SAMPEDRO

DIRECTOR:

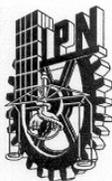
DR. ALONSO FERNÁNDEZ GONZÁLEZ

CO-DIRECTOR:

DR. PEDRO MONTES GARCÍA

SANTA CRUZ XOXOCOTLÁN, OAX.

NOVIEMBRE 2006



SIP-14

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez, Oaxaca siendo las 13:00 horas del día 27 del mes de octubre de 2006 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA), para examinar la tesis de grado titulada: “Estrategias de diseño bioclimático para la ciudad de Oaxaca y zona conurbada”

Presentada por el alumno (a):

Sol
 Apellido paterno

Sampedro
 materno

Francisco Javier
 nombre(s)

Con registro:

B	0	4	0	8	4	3
---	---	---	---	---	---	---

aspirante al grado de: **MAESTRO EN CIENCIAS EN CONSERVACION Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

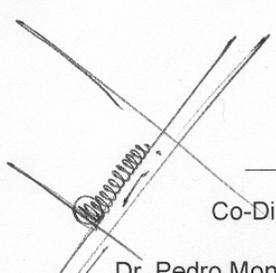
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

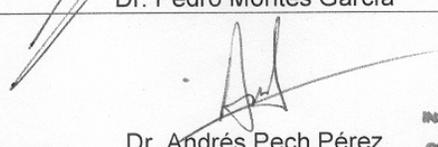
Director de tesis

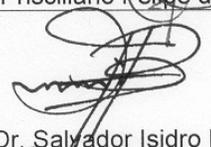

 Dr. Alonso Fernández González

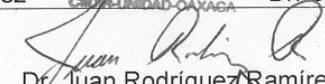
Co-Director


 Dr. Pedro Montes García

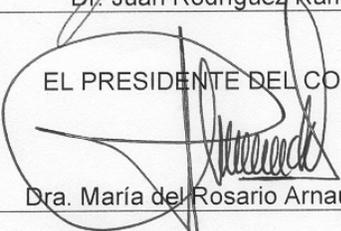

 Dr. Prisciliano Felipe de Jesús Cano Barrita


 Dr. Andrés Pech Pérez


 Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez


 Dr. Juan Rodríguez Ramírez

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO


 Dra. María del Rosario Arnaud Viñas



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez., Oaxaca, el 27 de octubre de 2006, el que suscribe **Sol Sampedro Francisco Javier**, alumno del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **B040843**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor del trabajo de Tesis: "**Estrategias de diseño bioclimático para la ciudad de Oaxaca y zona conurbada**", realizado bajo la dirección del Dr. Alonso Fernández González, por lo cual cede los derechos de dicho trabajo, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: **Calle Hornos No. 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca** o e-mail ciidirox@ipn.mx o aztlan2099@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

INSTITUTO POLITÉCNICO
NACIONAL
CIDIR-UNIDAD-OAXACA

Sol Sampedro Francisco Javier

Resumen

En este trabajo se analizaron parámetros climatológicos de los últimos 10 años y sus interrelaciones para definir estrategias de diseño bioclimático aplicables a las edificaciones de la ciudad de Oaxaca y zona conurbada. Además, se analizaron las temperaturas horarias y su relación con el movimiento aparente del sol, por medio del estudio de la geometría solar de la zona para diseñar dispositivos de control solar. Las estrategias obtenidas fueron aplicadas al proyecto de un Aula-Sala de juntas para el CIIDIR-IPN, Unidad Oaxaca, del cual se evaluó el funcionamiento de sus dispositivos de control solar por medio de modelos virtuales en el programa AutoCad® y con un gnomon en un modelo físico a escala. Se evaluó también el movimiento del viento al interior del edificio a través del análisis de la ventilación por medio del cálculo de ventilación natural y con una cámara de humo que simula el comportamiento del flujo del viento al interior del edificio. Finalmente, se revisaron el confort lumínico por medio del cálculo de luz diurna y la evaluación energética-económica por medio de la norma NOM-008-ENER-2001. Las estrategias de diseño bioclimático obtenidas fueron: orientación Norte-Sur, calentamiento solar pasivo durante todo el año en los horarios de 7:00 a 11:00 horas, ventilación pasiva durante todo el año en los horarios de 14:00 a 17:00 horas a través de ventilación cruzada, ubicación de las ventanas Norte-Sur sombreadas totalmente en los horarios de 11:00 hrs. en adelante, excepto en noviembre y diciembre. Los resultados de las evaluaciones indican que el proyecto cumple con los requerimientos de confort, entre lo más relevante se tiene que el edificio cuenta con un nivel de iluminación natural de 410.69 luxes/m² sobrepasando los 150 luxes/m² requeridos por el reglamento de construcción del estado de Oaxaca y se obtuvo un ahorro energético del 28.01% con respecto al edificio de referencia que define la norma. Además, la evaluación económica mostró que se tiene un posible ahorro de \$349.49 pesos mensuales en gastos de operación del inmueble. Con la aplicación del diseño bioclimático al proyecto en estudio se alcanzan los niveles de confort óptimos para el usuario, así como se cumplen los requerimientos solicitados por la norma de eficiencia energética en edificaciones, y de esta forma se contribuye con las tendencias hacia un desarrollo sustentable.

Abstract

In this work climatological parameters of the past ten years and their interrelationships were analyzed in order to define strategies of bioclimatic design which can be applicable to buildings in Oaxaca City and its surrounding area. The hourly temperatures and their relationship with the apparent movement of the sun were analyzed and the results were used to design solar control devices. The strategies obtained were applied to the project of a meeting-room which is planned to be constructed at CIIDIR-IPN - Oaxaca, Mexico. Its design of the solar control devices was evaluated through the performance of proposed by virtual models using the program AutoCad® and a gnomon in a small-scale model. The wind movement inside the building was also evaluated by two methods: the natural building ventilation procedure and a smoke-chamber that simulates the behavior of the wind flow in the interior of the building. Furthermore, the lighting comfort was revised by calculating the diurnal light and the energy savings evaluated by the NOM-008-ENER-2001 standard. According to the results, the bioclimatic design strategies obtained were as follow: 1) North - South orientation of the building, 2) passive solar heating all year around form 7:00 to 11:00 a.m., 3) passive ventilation all year around from 14:00 to 17:00 p.m. by crossed ventilation, and 4) location of the windows North - South shaded totally from 11:00 and on, except in November and December. The results indicate that the project is appropriate regarding the thermal comfort requirements. It was found that by implementing the bioclimatic design strategies the building has a natural lighting factor of 410 lux/m², which is larger than 150 lux/m² recommended by the Oaxacan construction code. Regarding the energy requirements, the proposed building has a 28 % energy savings when compared to the reference building defined by the standard. The economic evaluation suggests that there is a monthly saving of approximately \$ 349.49 Mexican pesos on operating expenses. In summary, the application of the bioclimatic design to the project indicates that the thermal comfort for the user is obtained, and the energy efficiency requirements are fulfilled. It can be also concluded that the application of the bioclimatic design strategies follow the trends towards a sustainable development.

Dedicatoria

*Este trabajo esta dedicado a mi familia:
a mi mamá por su apoyo y motivación,
a mi esposa por su comprensión y ayuda,
y a mi hija por ser el aliciente para continuar hacia delante.*

A ellos y a todos los que participaron en el cumplimiento de este objetivo, Gracias.

Agradecimientos

Agradezco a:

- *El Dr. Alonso Fernández González, investigador nivel III del Sistema Nacional de Investigadores por su apoyo y dirección en la elaboración de mi tesis; además, por permitirme participar en su proyecto de investigación y otorgarme la postulación para ser becado por el Sistema Nacional de Investigadores como asistente de investigador.*
- *El Dr. Pedro Montes García por su apoyo y orientación en la escritura de esta tesis, así como sus consejos y enseñanzas dentro y fuera de las aulas.*
- *El M. en D. Rafael Alavéz Ramírez por todos los conocimientos que me otorgó para la elaboración de esta tesis.*

*Agradezco al Instituto Politécnico Nacional por proveer los fondos para la realización del proyecto de investigación: **“Una construcción experimental que utilice poca mano de obra y resiste temblores y vientos huracanados”**, clave CGPI 20040352 y CGPI 20050429.*

Agradezco al Instituto Politécnico Nacional otorgarme el apoyo económico para realizar mi primer semestre de estudios de maestría.

Agradezco al CONACyT por el apoyo económico que me otorgó para la realización de mis estudios de maestría.

*Agradezco al Programa Institucional de Formación de Investigadores por la beca que me otorgó por la participación en los proyectos de investigación: **“Una construcción experimental que utilice poca mano de obra y resiste temblores y vientos huracanados”**, clave CGPI 20040352 y CGPI 20050429 y **“Mejoramiento del adobe compactado para la construcción económica de viviendas en el estado de Oaxaca”**, clave SIP 20060660.*

Agradezco la Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral regional- IPN, Unidad Oaxaca (CIIDIR-IPN) por permitirme cursar mis estudios de maestría en el programa que ahí se imparte.

INDICE

Relación de tablas	11
Relación de figuras	11
Introducción	14
<i>CAPÍTULO 1. Planteamiento de la investigación</i>	<i>17</i>
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Justificación	18
1.3. Objetivo General.....	20
1.4. Objetivos Particulares	20
1.5. Hipótesis.....	20
<i>CAPÍTULO 2. Antecedentes</i>	<i>21</i>
2.1. Arquitectura Bioclimática.....	21
2.2. El Consumo de Energía en Edificaciones.	24
<i>CAPÍTULO 3. Marco Teórico Conceptual.....</i>	<i>27</i>
3.1. El confort	27
3.2. El Medio Físico Natural.....	28
3.3. Factores físicos regionales y locales.....	29
3.4. Climatología	30
3.5. Diagrama bioclimático.....	32
3.6. Carta psicrométrica	32
3.7. Tablas de Mahoney	33
3.8. Triángulos verdes de John Martin Evans.....	34
<i>CAPÍTULO 4. Metodología</i>	<i>35</i>
4.1. El Medio Natural (factores físicos regionales y locales)	36
4.1.1. Estrategias de diseño bioclimático	36
4.1.2. Análisis de los parámetros Climatológicos	37
4.1.3. Aplicación del diseño bioclimático.....	37
4.1.4. Análisis Solar	38
4.2. El Medio Artificial	38
4.3. El medio Social	39
4.4. Análisis del Usuario	39
4.5. Anteproyecto	40
4.6. Evaluación del Anteproyecto	40
4.6.1. Arquitectónica.....	40
4.6.2. De confort	40
4.6.2.1. Evaluación de los dispositivos de control solar.....	40
4.6.2.2. Ventilación	40
4.6.2.3. Iluminación	40

4.6.3. Energética-Económica	41
<i>CAPÍTULO 5. Estrategias de diseño para la ciudad de Oaxaca y zona conurbada.....</i>	42
5.1 Análisis de sitio (el medio natural)	42
5.1.1. Factores Físicos Regionales y locales	42
5.1.1.1. Topografía	43
5.1.1.2. Edafología	44
5.1.1.3. Geología	46
5.1.1.4. Hidrología	46
5.1.1.5. Clima	48
5.1.1.6. Precipitación Pluvial	49
5.1.1.7. Vegetación y Uso de suelo	50
5.1.2. Análisis de los Datos Físicos.	52
5.2. Análisis de los parámetros climatológicos	53
5.2.1. Temperaturas	53
5.2.1.1. Temperatura Media	53
5.2.1.2. Cálculo de la zona de confort térmico	54
5.2.1.3. Temperatura Horaria	56
5.2.2. Humedad relativa	57
5.2.2.1. Humedad relativa Media.	57
5.2.2.2. Humedad Relativa Horaria	59
5.2.3. Precipitación Pluvial	59
5.2.4. Viento	62
5.2.4.1. Viento Medio	62
5.2.4.2. Vientos Dominantes horarios	63
5.2.5. Resumen del análisis de los datos climatológicos	65
5.3. Análisis de la relación entre parámetros.....	65
5.3.1. Temperatura y humedad relativa (Diagrama bioclimático).....	65
5.3.1.1. Primavera	66
5.3.1.2. Verano.....	68
5.3.1.3. Otoño.....	69
5.3.1.4. Invierno	70
5.3.2. Temperatura y humedad relativa (Carta psicrométrica).....	72
5.3.2.1 Semestre primavera-verano.....	72
5.3.2.2. Semestre otoño-invierno	74
5.3.3. Temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial (Tablas de Mahoney).....	77
5.3.4. Temperatura y oscilación (Triángulos Verdes de Evans)	82
5.4. Definición estrategias de diseño bioclimático	83
<i>CAPÍTULO 6. Proyecto aula-sala de juntas</i>	86
6.1. Análisis del medio artificial del área de estudio	87
6.2. Análisis del medio social del área de estudio	87
6.3. Análisis del Usuario	88
6.3.1. Bienestar y confort.....	88
6.3.2. Necesidades y requerimientos.....	89
6.4. Programa Arquitectónico.....	89
6.4.1. Tabla de Necesidades.....	89
6.4.2. Diagrama de funcionamiento	90
6.4.3. Áreas y su relación con los horarios de uso	91
6.5. Propuesta del diseño arquitectónico bioclimático.....	91
6.5.1. Geometría solar.....	91

6.5.2. Rangos de temperaturas y su relación con el movimiento aparente del sol.	94
6.5.3. Aplicación de las estrategias de diseño bioclimático y diseño de dispositivos de control solar (Anteproyecto arquitectónico bioclimático)	96
7.1. Evaluación Arquitectónica.....	102
7.2. Evaluación de Confort.....	102
7.2.1. Análisis de dispositivos de control solar.....	102
7.2.1. Análisis de la ventilación pasiva.....	108
7.2.1.1. Cálculo de la ventilación Natural	108
7.2.1.2. Cámara de humo	111
7.2.1.3. Diseño de ventanas.....	113
7.2.2. Cálculo de iluminación natural	116
7.3. Evaluación Energética-Económica.....	118
7.4. Proyecto bioclimático final.....	133
<i>Conclusiones</i>	<i>136</i>
<i>Recomendaciones</i>	<i>138</i>
<i>Bibliografía</i>	<i>139</i>
<i>Anexos</i>	<i>143</i>
Anexo 1. Método gráfico para la construcción de la gráfica solar.	143
Anexo 2. Método para ubicar las zonas de confort en la carta psicrométrica	144
Anexo 3. Rosas de vientos mensuales de la ciudad de Oaxaca y zona conurbada	145
Anexo 4. Tablas para el cálculo de ventilación natural de acuerdo a Víctor fuentes	147
Anexo 5. Tablas para el cálculo del factor de luz diurna propuesto por Szokolay.	148

Relación de tablas

Tabla 1.	Promedio de temperaturas máximas, mínimas, medias y su oscilación en la ciudad de Oaxaca.	54
Tabla 2.	Temperaturas horarias. El color azul indica que temperaturas están por debajo de la mínima de confort, el color blanco las temperaturas dentro de la zona de confort de 21.2 a 26.2 ° C y el color amarillo que temperaturas están sobre la zona de confort máxima.	56
Tabla 3.	Promedio de los porcentajes de humedad relativa máxima y mínimas para la ciudad de Oaxaca. ..	57
Tabla 4.	Humedad relativa horarias. El color blanco indica que humedades relativas están dentro de la zona de confort, el color azul indica humedades relativas sobre la zona de confort máxima.	59
Tabla 5.	Promedio de precipitación pluvial media, máxima, mínima y máxima en 24 hrs. en la ciudad de Oaxaca.	60
Tabla 6.	Matriz de zonas y requerimientos térmicos e higrométricos (Fuentes, 2004, p. 158).....	61
Tabla 7.	Direcciones, velocidades media y máxima de vientos dominantes en la ciudad de Oaxaca.	62
Tabla 8.	Dirección de vientos dominantes horarios con la superposición de la zona de confort térmico.	63
Tabla 9.	Velocidad de vientos dominantes horarios con la superposición de la zona de confort térmico.	63
Tabla 10.	Resumen de temperaturas y humedades relativas máximas y mínimas de Oaxaca de Juárez.....	66
Tabla 11.	Límites de confort de temperatura y grupo de humedad según Mahoney.	77
Tabla 12.	Tablas de Mahoney, requerimientos térmicos diurnos y nocturnos.	78
Tabla 13.	Indicadores de Mahoney para estrategias de diseño bioclimático.....	79
Tabla 14.	Rangos de frecuencia de los indicadores de Mahoney para las recomendaciones de diseño arquitectónico	79
Tabla 15.	Recomendaciones de diseño arquitectónico según Mahoney.	81
Tabla 16.	Estrategias de diseño bioclimático para la Ciudad de Oaxaca y zona conurbana de utilizando métodos de diferentes autores.	84
Tabla 17.	Necesidades y requerimientos para el aula-sala de juntas.....	90
Tabla 18.	Porcentaje de factor de luz diurna y luxes/m ²	117
Tabla 19.	Materiales que conforman los componentes constructivos con sus conductividades térmicas propuestos por la Norma.....	119
Tabla 20.	Materiales que conforman los componentes constructivos y su coeficiente de global transmisión térmica de acuerdo a Hernández (2006).	127
Tabla 21.	Ahorro mensual en consumo energético por disminución de ganancias de calor para el aula sala de juntas.	131
Tabla 22.	Costo del consumo de energía por iluminación artificial para el aula sala de juntas.	132

Relación de figuras

Figura 1.	Metodología de aplicación del diseño bioclimático	35
Figura 2.	Topografía de Oaxaca de Juárez y municipios colindantes.	43
Figura 3.	Topografía de Santa Cruz Xoxocotlán y ubicación del proyecto.	44
Figura 4.	Edafología de Oaxaca de Juárez y municipios colindantes.	45
Figura 5.	Edafología de Santa Cruz Xoxocotlán.	45
Figura 6.	Geología de Oaxaca de Juárez y municipios colindantes.	46
Figura 7.	Hidrología de Oaxaca de Juárez y municipios colindantes (INEGI, 2000).	47
Figura 8.	Hidrología de Santa Cruz Xoxocotlán.....	47
Figura 9.	Climas y Temperatura media anual de Oaxaca de Juárez y municipios colindantes.....	48
Figura 10.	Gráfica de temperaturas promedio mensual periodo 1961-1995 de Santa Cruz Xoxocotlán.	49
Figura 11.	Precipitación media anual de Oaxaca de Juárez y municipios colindantes.....	49
Figura 12.	Gráfica de precipitación pluvial promedio mensual periodo 1949-1996 de Santa Cruz Xoxocotlán.	50
Figura 13.	Vegetación y Uso de suelo de Oaxaca de Juárez y municipios colindantes.	51
Figura 14.	Vegetación y uso de suelo de Santa Cruz Xoxocotlán.	51
Figura 15.	Gráfica de temperatura media, máxima, mínima, máxima extrema, mínima extrema y neutra con su relación con la zona de confort térmico.	55
Figura 16.	Zona de confort de humedad, humedades media, máxima y mínima.....	58
Figura 17.	Precipitación Pluvial total con respecto a las mínimas y máximas de caracterización del clima.	61
Figura 18.	Rosa de los vientos anual y frecuencia y dirección de vientos dominantes horarios.	64
Figura 19.	Diagrama bioclimático (primavera).....	67

Figura 20.	Diagrama bioclimático (verano).....	68
Figura 21.	Diagrama bioclimático (otoño).....	70
Figura 22.	Diagrama bioclimático (invierno).....	71
Figura 23.	Carta psicrométrica utilizando la zona de confort primavera-verano (marzo, abril y mayo).....	73
Figura 24.	Carta psicrométrica utilizando la zona de confort primavera-verano (junio, julio y agosto).....	74
Figura 25.	Carta psicrométrica utilizando la zona de confort otoño-invierno (septiembre, octubre y noviembre).	75
Figura 26.	Carta psicrométrica utilizando la zona de confort otoño-invierno (diciembre, enero y febrero).	76
Figura 27.	Confort para Oaxaca de Juárez según los triángulos verdes de actividad de Evans.....	82
Figura 28.	Estrategias de diseño para Oaxaca de Juárez según lo triángulos verdes de estrategias bioclimáticas de Evans.....	83
Figura 29.	Microlocalización aula sala de juntas. Plano general del CIIDIR, IPN-Unidad Oaxaca.....	86
Figura 30.	Diagrama de funcionamiento para el aula-sala de juntas.	90
Figura 31.	Gráfica Solar Estereográfica para el primer semestre de Santa Cruz Xoxocotlán.....	92
Figura 32.	Gráfica Solar Estereográfica para el segundo semestre, Santa Cruz Xoxocotlán.	92
Figura 33.	Rayos en magnitud verdadera en alzado para diciembre.....	93
Figura 34.	Rayos en magnitud verdadera en alzado para junio.	93
Figura 35.	Gráfica solar estereográfica y su relación con los rangos de temperatura para el primer semestre	94
Figura 36.	Gráfica solar estereográfica y su relación con los rangos de temperatura para el segundo semestre.	95
Figura 37.	Planta arquitectónica del aula-sala de juntas.....	96
Figura 38.	Dispositivos de control solar en planta para la fachada Norte.....	97
Figura 39.	Dispositivos de control solar en corte para la fachada Norte.....	98
Figura 40.	Alzado Norte del aula-sala de juntas.....	99
Figura 41.	Dispositivos de control solar en planta para la fachada Sur.	99
Figura 42.	Dispositivos de control solar en corte para la fachada Sur.	100
Figura 43.	Fachada Sur del aula-sala de juntas.	101
Figura 44.	Fachada Este del aula-sala de juntas.....	101
Figura 45.	Evaluación del funcionamiento de los dispositivos de control solar para la fachada Norte en junio con el programa Autocad®.	103
Figura 46.	Evaluación del funcionamiento de los dispositivos de control solar para la fachada Sur en diciembre con el programa Autocad®.	105
Figura 47.	Funcionamiento de los dispositivos de control solar para junio utilizando un gnomon en Fachada Norte.	106
Figura 48.	Funcionamiento de los dispositivos de control solar para diciembre utilizando un Gnomon en Fachada Sur.	107
Figura 49.	Cámara de humo para las pruebas de flujo de aire	111
Figura 50.	Comportamiento del flujo del viento a través de la cámara de humo	112
Figura 51.	Diseño de ventanas para la fachada Norte.....	113
Figura 52.	Diseño de puertas para la fachada Norte.....	114
Figura 53.	Diseño de ventanas para la fachada Sur.....	114
Figura 54.	Diseño de ventanas para la fachada Este.....	115
Figura 55.	Diseño de estructura para puertas y ventanas	115
Figura 56.	Diagrama de flujo para el cálculo del factor de luz diurna	116
Figura 57.	Porcentajes del factor de luz diurna en el área de trabajo (planta arquitectónica).....	118
Figura 58.	Diagrama de flujo para el cálculo de ganancias de calor a través de la envolvente	120
Figura 59.	Ganancias totales de calor del edificio de referencia y del edificio proyectado.	130
Figura 60.	Porcentajes de ahorro de energético para el edificio proyectado utilizando los datos propuestos en la norma y por Hernández (2006).	130
Figura 61.	Montos de ahorro económico por la utilización de estrategias de diseño bioclimático para el aula-sala de juntas	132
Figura 62.	Proyecto arquitectónico bioclimático final, fachada Norte.....	133
Figura 63.	Proyecto arquitectónico bioclimático final, planta arquitectónica.	134
Figura 64.	Proyecto arquitectónico bioclimático final, fachada Este.....	134
Figura 65.	Proyecto arquitectónico bioclimático final, fachada Sur.	135

<i>Figura 66.</i>	<i>Proyecto arquitectónico bioclimático final, apunte perspectiva Norte.</i>	<i>135</i>
<i>Figura 67.</i>	<i>Proyecto arquitectónico bioclimático final, apunte perspectiva Sur.</i>	<i>135</i>

Introducción

A lo largo del tiempo la arquitectura se ha enfocado en cubrir las necesidades del ser humano de tener un espacio que lo proteja de las condiciones del medio ambiente. Pero fue hasta el siglo XX que el funcionalismo arquitectónico y la preocupación de crear espacios higiénicos, provocaron el resurgimiento de la importancia de la orientación de las edificaciones, esto se vio reflejado en la Carta de Atenas del IV Congreso Mundial de Arquitectos de 1933 (IV CIAM, Le Corbusier, 1942), en donde se declara al Sol, la vegetación y el espacio como las tres materias primas del urbanismo. Le Corbusier (1941), citado por Boesiger (1988,), escribió: “Construir para el hombre... es inmediatamente, restituirle el principio y la llave, que es el Sol.” El arquitecto debe comenzar los planos inscribiendo el curso del sol en el solsticio de invierno y el solsticio de verano. El sol y solo el sol decide la orientación de la casa.

En la década de los sesentas, a raíz de la crisis de la energía, la sociedad occidental en general, y una parte importante de los arquitectos, descubrieron con sorpresa que las energías artificiales que soportaban esta sociedad no eran un bien ilimitado que podría ser explotado sin ninguna prevención; por lo que en aquel tiempo se replanteó el concepto de edificio moderno, tanto en su concepción funcional como en su composición estética (González, 2003).

El desarrollo de los nuevos sistemas de acondicionamiento ambiental en edificios, como enfriadores y calefactores más complejos, además de las tendencias arquitectónicas del momento, derivaron en una arquitectura indiferenciada, repetitiva para cualquier situación climática. Este tipo de arquitectura se caracteriza por la alta dependencia de los medios mecánicos, debido a que no se toma en cuenta el entorno donde se ubicará la construcción. En este contexto, alcanzar un nivel de confort depende únicamente de los equipos de climatización, con el consiguiente derroche energético que acarrea su uso.

En la práctica actual de la arquitectura, el brindar el confort ambiental por medios naturales o “pasivos” a los usuarios de esos espacios, ha sido poco atendido.

La falta de confort ambiental en la edificación ha propiciado problemas de salud; en aquellos casos en donde se han implementado sistemas de climatización artificial, el diseño arquitectónico adecuado a las condiciones del entorno natural es inexistente, lo cual resulta en elevados consumos de energía con el consecuente impacto ambiental (Cardinale, Micucci, Ruugiero, 2003. García, 2006).

En países como México debido a su alto grado de radiación solar, resulta de gran importancia controlar su efecto en las edificaciones, puesto que provoca en algunos periodos y horarios condiciones inadecuadas en el interior de las mismas. En la actualidad los requerimientos de una arquitectura que conlleve consumos de energía óptimos, otorgan a la orientación a nivel arquitectónico un punto determinante en la búsqueda de lograr el confort en sus exteriores e interiores.

Para Fuentes (1991, p. 215) el diseño bioclimático es el manejo adecuado de la energía solar, de los materiales y sistemas constructivos como elementos básicos de climatización natural. La arquitectura bioclimática integra estos conceptos ambientalistas en el diseño arquitectónico para lograr una situación de confort en los ocupantes; juega exclusivamente con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin necesidad de utilizar sistemas mecánicos complejos, aunque ello implica que no se pueda estandarizar.

En este trabajo se analizarán los factores que integran el sitio y su entorno natural a fin de obtener las estrategias de diseño bioclimático aplicables en los diseños arquitectónicos para la ciudad de Oaxaca y zona conurbana, y de esta forma participar en las nuevas tendencias de la arquitectura hacia la integración con el medio ambiente y la reducción del consumo energético. En el capítulo 1 se establece el planteamiento del problema, objetivos, justificación de este trabajo e hipótesis. En el capítulo 2 se describe los antecedentes de la arquitectura bioclimática. El capítulo 3 contiene el marco teórico conceptual. En el capítulo 4 se describe a detalle la metodología seguida para la elaboración del presente trabajo. En el capítulo 5 se analizan los factores físicos regionales y locales, y se obtienen estrategias de diseño bioclimático a través del análisis de parámetros climatológicos y su interrelación. Los

capítulos 6 y 7 contienen el proyecto arquitectónico del aula-sala de juntas en donde se evalúa la propuesta para obtener el proyecto bioclimático y finalmente se realizan las conclusiones.

CAPÍTULO 1. Planteamiento de la investigación

1.1. Planteamiento del problema

Debido a las nuevas tendencias hacia el desarrollo sustentable, que es definido por la comisión Brundtland en 1988 como “Un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias,” (citado por Velásquez, Hernández y Domínguez, 2002); la arquitectura inicia su aporte a través del bioclimatismo, que tiene como misión crear espacios dignos, confortables y saludables para la mente, el cuerpo y el espíritu de los usuarios, a través de medios pasivos.

Los factores climáticos delimitan las condiciones de diseño aplicables a las construcciones ubicadas dentro de una zona. De esta manera la solución hacia la sustentabilidad desde el punto de vista arquitectónico se lleva a cabo con el análisis de los factores físicos de la zona de ubicación de los inmuebles proyectados. El resultado de este análisis es la aplicación de estrategias, que climatizarán la edificación utilizando medios pasivos e híbridos para alcanzar los diferentes tipos de confort; obteniendo con esto la reducción de consumo energético en la operación de los edificios. La Comisión Europea (2003) sugiere que si se emplean sistemas y tecnologías más eficaces podría ahorrarse entre 30 y 50% de la energía utilizada en oficinas, edificios comerciales e instalaciones de ocio. Mientras que el sector residencial terciario consume el 40% del total de la energía producida y su tendencia es al crecimiento, por lo tanto las emisiones de bióxido de carbono también se incrementarán (Tzikopoulos, Karatza, Paravantis, 2005. García, 2006).

La construcción es una de las actividades con mayor impacto sobre el lugar donde vivimos, muestra de ello se refleja en las edificaciones de las grandes cajas de cristal donde se hace mal uso de los materiales de construcción. Alavéz (2003, p. 33) menciona que son pocas las edificaciones que consideran las propiedades termo físicas de los materiales que las constituyen, generando así una arquitectura poco funcional; si a esto le suma una mala orientación, lo que se obtiene es un gran consumo de energía al hacer uso de medios mecánicos para climatizar los espacios

interiores, así como se afecta considerablemente la salud y la productividad de los ocupantes. Fuentes (2004a, p. 12) cita a la Organización Mundial de la Salud (1983) quien informa que el 73% de las enfermedades de vías respiratorias se debe a diseños inadecuados de las edificaciones que consecuentemente contribuyen a la contaminación ambiental.

En la arquitectura contemporánea de la ciudad de Oaxaca se observa esta problemática en conjunto (integración, salud y contaminación), que se resume en la falta de integración con el usuario y su entorno natural. Esta integración es de gran importancia cuando existe el requerimiento de calentamiento para la época invernal y de enfriamiento para los meses más calurosos para brindar condiciones de confort al usuario; con el diseño bioclimático se logra disminuir el consumo energético por gastos de operación y mantenimiento en sistemas mecánicos de calefacción o aire acondicionado. La mitad de la energía que se usa en los edificios se gasta en calefacción, refrigeración, ventilación e iluminación (Greenpeace, 2004).

Por lo tanto el alto consumo energético que conlleva a la contaminación ambiental y la falta de confort en el interior de las edificaciones que produce afectaciones a la salud del usuario es el principal problema que enfrentan los habitantes de las edificaciones contemporáneas de la ciudad de Oaxaca que no consideran los aspectos de relación hombre-obra arquitectónica-medio ambiente.

1.2. Justificación

El clima caracteriza e identifica a una región por el comportamiento de sus componentes (temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial, viento, etc.) y sus variables atmosféricas; “el tipo de clima, junto con la herencia racial y el desarrollo cultural, constituyen los tres principales factores que determinan las condiciones de la civilización” (Rodríguez, 2004).

El clima es uno de los factores más importantes dentro del diseño, pues condiciona el tipo de construcción a realizar en determinada zona geográfica. El diseño tradicional de edificios, por regla general, no incluye el estudio a detalle de todas las variables que influirán en el estado de confort de sus ocupantes, por lo

tanto se recurre al uso de aire acondicionado y/o calefacción (Morillón, 2003). En este contexto, alcanzar un nivel de confort depende únicamente de los equipos mecánicos de climatización, con el consiguiente derroche energético que acarrea su uso.

Se estima que de 4.5 a 6.0 billones de partículas de CO₂ que son emitidas al medio ambiente, por las actividades humanas, puede ser atribuidas a los países industrializados, aproximadamente la mitad de éstas son debido al consumo energético en las edificaciones; construir edificios energéticamente eficientes pueden reducir las emisiones de CO₂ en un 60 % o más, que se traduce a 1.35 billones de partículas CO₂ (Tzikopoulos et al., 2005).

De acuerdo con Bastide, Lauret, Garde, Boyer (2006), el aire acondicionado en los edificios estándar representan más del 50% del consumo de energía, teniendo un gasto energético de 100 kWh/m² por nivel.

La ciudad de Oaxaca no escapa a la influencia del factor climático y de las tendencias arquitectónicas; por lo tanto, para satisfacer las nuevas necesidades que demanda la construcción de ser sostenible se requiere aplicar estrategias de diseño propias para su ubicación geográfica, y con esto obtener las condiciones de confort para el usuario y cooperar con el mejoramiento ambiental.

Teniendo como premisa que una construcción bioclimática reduce la energía consumida y por tanto, colabora de forma importante en la reducción de los problemas ecológicos que se derivan de ello, la arquitectura bioclimática se vuelve una solución al problema de la sustentabilidad. La elaboración de este trabajo se justifica debido a que al obtener estrategias de diseño bioclimático para ser aplicadas a las construcciones tanto nuevas como existentes de la ciudad de Oaxaca y su zona conurbada, contribuirán a obtener condiciones de confort para los usuarios a través de medios pasivos y de esta forma participar de los principios de ahorro de recursos y protección del medio ambiente que demanda las tendencias hacia el desarrollo sustentable; además, los beneficios a la salud de los ocupantes, sobre todo en las vías respiratorias, se reflejarán debido al uso de ventilación natural para renovar el

aire interior y mantener una temperatura adecuada al interior del edificio.

1.3. Objetivo General

Definir las estrategias de diseño bioclimático para la ciudad de Oaxaca y zona conurbada a través de un análisis climatológico de la región y aplicarlas en el diseño de edificaciones para lograr el confort de los usuarios.

1.4. Objetivos Particulares

- Analizar los factores físicos regionales y locales para caracterizar la zona de estudio.
- Analizar la climatología de la zona de estudio para identificar las estrategias de diseño bioclimático utilizando gráficas bioclimáticas.
- Realizar el análisis del usuario para conocer sus características socio-económicas, culturales y religiosas, así como necesidades espaciales y tomarlas en cuenta en la conceptualización del diseño.
- Aplicar las estrategias de diseño bioclimático en el diseño de un aula-sala de juntas para el CIIDIR, IPN- Unidad Oaxaca.
- Realizar el estudio de iluminación natural en el aula-sala de juntas por medio un método gráfico para lograr el confort lumínico del usuario.
- Realizar el cálculo de eficiencia energética en el aula-sala de juntas a través de la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.

1.5. Hipótesis

- Con la aplicación de las estrategias de diseño bioclimático al diseño arquitectónico se logran las condiciones de confort óptimas para el usuario.
- La aplicación de estrategias de diseño bioclimático contribuyen a cumplir con los requerimientos de eficiencia energética de la NOM-008-ENER-2001 para alcanzar el confort térmico.

CAPÍTULO 2. Antecedentes

2.1. Arquitectura Bioclimática

La arquitectura que se puede definir como el arte de solucionar la distribución de los espacios en donde se desarrollará la vida del ser humano, durante su historia se ha vinculado con el estudio de las condiciones geográficas o ambientales que permitía dar soluciones particulares de los edificios; por ejemplo las culturas egipcias, romanas y griegas a nivel mundial y las prehispánicas en México consideraban las orientaciones, el entorno y su religiosidad como parte fundamental del diseño de sus edificaciones (Rodríguez, 2001). Estas consideraciones se fueron perdiendo durante el avance del tiempo y fue hasta que la necesidad de crear espacios saludables en el surgimiento de la arquitectura funcionalista retoma estos conceptos.

Pero el movimiento moderno del siglo XX, dio origen al llamado Estilo Internacional, que se extendió nuevamente por todo el planeta, sin tomar en cuenta costumbres, idiosincrasia, tradiciones y condiciones climáticas gracias a la proliferación de los sistemas artificiales de climatización e iluminación los cuales son altos consumidores de energía convencional (Rodríguez, 2001. Coch, 1998). Entre los años treinta y cincuenta del siglo XX se desarrollaron en los Estados Unidos numerosas investigaciones que sirvieron de base para la construcción de prototipos experimentales (fundamentalmente de vivienda), cuya forma de diseño hacía posible el aprovechamiento directo de la energía solar en la calefacción de los espacios interiores y en el calentamiento del agua (González, 2003).

Estas experiencias demostraron el rol del diseño arquitectónico (la forma) en el aprovechamiento pasivo de la energía solar y la conveniencia de la adecuación de otras ecotécnicas activas en el diseño arquitectónico. Lamentablemente, los bajos precios de los combustibles fósiles en ese tiempo provocaron la desaparición de estas formas de diseñar.

La crisis energética originada a partir de 1973 alertó del peligro que representaba la absoluta dependencia de los combustibles fósiles y se comprendió que éstos son recursos no renovables. El nuevo impulso que recibió la arquitectura

bioclimática en los años setenta respondía, por tanto, a una necesidad de ahorro de la energía convencional basada en el consumo del petróleo. Sin embargo, la crisis ecológica de los ochenta obligó a un enfoque más amplio, viendo a la arquitectura no sólo como una vía para la eficiencia y ahorro energético, sino como una importante forma de contribuir a la preservación del medio ambiente, además del bienestar humano (Kimura, 1999).

De acuerdo a González (2003) “Hoy en día la mejor solución arquitectónica (la más sustentable, económica y apropiada) debe ser siempre específica y responder a las condiciones del entorno en el cual se inserta y del que pasará a formar parte durante un largo tiempo (mientras dure su vida útil), y con el que establecerá conexiones para obtener los recursos de los cuales depende (agua, energía) y evacuar los residuales que produce. Esto es muy similar a lo que sucede con los organismos vivos, en cuyo modelo se basa la actual concepción sustentable del mundo”. Entre las diferentes definiciones de la arquitectura bioclimática se encuentran:

- El laboratorio de ambiente humano y vivienda de Argentina (2004) señala que “la arquitectura bioclimática tiene como objetivo el diseño de edificios energéticamente eficientes a través de la utilización de estrategias como la calefacción solar pasiva, la iluminación natural, el enfriamiento convectivo y la conservación de energía”.
- De acuerdo a González (2003), la arquitectura bioclimática se presenta hoy como un requerimiento indispensable para la sustentabilidad del medio ambiente construido, la obra arquitectónica habrá de ser económicamente viable, socialmente justa y ambientalmente sana.
- Según Morillón (2003), la arquitectura bioclimática es el medio para lograr el diseño de edificios confortables, esto con el objetivo de que éstos resulten ser sistemas termodinámicos eficientes que logren la comodidad de sus ocupantes con el mínimo consumo de energía eléctrica.
- Para Venegas (2001), la arquitectura Bioclimática consiste en utilizar métodos pasivos para controlar el ambiente interno (temperatura, humedad, radiación

solar y velocidad del movimiento del viento), y de esta manera reducir el uso de controles mecánicos, como el aire acondicionado, para disminuir el consumo energético.

- Fuentes (2000, p. 19) dice: “La arquitectura Bioclimática es el uso eficiente de la energía; se integra al entorno natural para proporcionar espacios dignos, confortables y saludables para el cuerpo, la mente y el espíritu de los usuarios”.

Después de conocer diferentes perspectivas se puede decir que **la arquitectura bioclimática debe crear edificios energéticamente eficientes con espacios, confortables y saludables para la mente, el cuerpo y el espíritu del ser humano a través de medios pasivos, reduciendo de esta forma el consumo de energía.**

De acuerdo a Fuentes (2004a, p. 19) este tipo de arquitectura ofrece muchos beneficios entre los que se encuentran:

- a) Beneficios Económicos. Cuando se considera el costo-beneficio de una edificación nunca se toma en cuenta el costo de operación de la construcción, ni su mantenimiento durante su vida útil. No se considera los gastos que genera utilizar medios mecánicos de climatización, resultando en enormes pagos de consumo de energía eléctrica. Utilizar arquitectura bioclimática no debe redundar en el aumento de costos de construcción, ya que sólo utiliza conceptos de diseño adecuados y por el contrario se logra reducir en gran medida los costos de operación y mantenimiento a través de un uso eficiente de la energía y los recursos.
- b) Beneficios en Salud y Confort. Este tipo de arquitectura busca alcanzar el confort para los usuarios y al lograrlo crea un ambiente saludable en los espacios habitables. Pero no solo se refleja en estos puntos, también tiene repercusiones directas en la eficiencia en el desarrollo de actividades, que resultan en mayor productividad y evidentemente en beneficios económicos y sociales.

- c) Los Beneficios ecológicos son igual de importantes que los anteriores, diseñar adecuadamente los espacios tanto abiertos como cerrados, utilizar sistemas pasivos de climatización y lograr la integración de la obra arquitectónica con su medio provoca un menor impacto al ecosistema.

2.2. El Consumo de Energía en Edificaciones.

Actualmente el ser humano se enfrenta a uno de los mayores desafíos: la modificación del clima global, que pone en riesgo las bases mismas de nuestra economía y sociedad, y ya es un peligro para la salud y para la calidad de vida de millones de habitantes del mundo. Este problema es fundamentalmente producto de la actividad del hombre e involucra a todos los campos industriales.

El consumo de energía ha sido un punto de discusión por parte de las naciones del mundo, tanto para reducir su utilización como para encontrar tecnologías alternas para la producción de energías limpias. El incremento continuo del consumo energético en el ámbito mundial, basado en los combustibles fósiles, es totalmente insostenible desde cualquier punto de vista.

Como se ha mencionado anteriormente, dentro de los principales consumidores de la energía se encuentra la industria de la transformación y el transporte; sin embargo, en Europa los edificios consumen el 40% de la energía, que es mayor que cualquiera de estas dos industrias (Tzikopoulos et al., 2005). El uso de energía en los edificios radica principalmente en la iluminación, calefacción, aire acondicionado y agua caliente tanto en lugares de trabajo, como en hogares y espacios recreativos; el gasto energético en las edificaciones produce aproximadamente 800 gramos de CO₂ por cada kilowatt- hora (kWh) consumido (A.C. Alihuen, 1998), además, la generación de esta energía provoca contaminación del aire, descargas de residuos radioactivos, riesgo de accidentes nucleares, destrucción de bosques y desertificación por mencionar algunos ejemplos.

En 1978 los edificios comerciales de Suecia tenían un consumo promedio de 278 kWh por m², y después de 20 años esta cifra se redujo a 140 kWh por m² (Skanska, 2005). Estas experiencias deben ser tomadas en cuenta a fin de

concientizar a los países en desarrollo para evitar que instalen en sus construcciones sistemas energéticos ineficientes. El desarrollo de capacidades y la transferencia de tecnologías será una respuesta fundamental al cambio climático.

Pero no solo el consumo de energía de las edificaciones se debe a tratar de alcanzar un grado de estatus, que proporciona el uso de medios de climatización mecánica para los usuarios; la mayor parte es causada por un mal diseño y mala utilización de materiales, mismos que muchas ocasiones son inadecuados para la zona geográfica en la cual se encuentran situados los edificios. Un ejemplo son los edificios de paredes externas de vidrio oscuro que se convierten en un atentado ambiental, sobre todo en las ciudades del trópico; son invernaderos que exigen un alto consumo de energía para reducir su temperatura interior y la actual crisis de suministro de electricidad acentúa su carácter antieconómico (Osava, 2005).

Para atacar este problema, en Europa en el año 2002 se aprueba la directiva europea 2002/91/CE de eficiencia energética en edificación (Fernández, 2005), que crea los siguientes objetivos a cumplir:

- Reducir el consumo energético en los hogares.
- Aumentar el rendimiento de los sistemas utilizados.
- Fomentar el uso de las energías renovables solar fotovoltaica y solar térmica.

También se fomenta el uso de normas, cálculos de eficiencia energética en los edificios, certificaciones de la eficiencia energética para las construcciones que aprueben estas normas.

En México, en el año 2001 se crea la Norma NOM-008- ENER-2001 para tratar de atacar el problema del gasto excesivo en sistemas de acondicionamiento en las edificaciones; esta norma al igual que su homóloga europea trata que a través de la certificación las edificaciones no residenciales participen del ahorro energético. Pero una forma más sencilla es crear una nueva generación de profesionales en el ámbito del diseño arquitectónico en México, que tomen en cuenta el uso de alternativas pasivas para dar confort a las edificaciones limitando el uso de energía para lograrlo.

La arquitectura solar pasiva va más allá, a través de su utilización se trata de que un edificio sea en algunos casos energéticamente autónomo o que su consumo energético sea pequeño, todo ello manteniendo un confort adecuado. Por supuesto, la actuación de un diseño pasivo debe hacerse durante el proyecto, buscando la forma de que el edificio proporcione al usuario las mejores prestaciones y se integre a su entorno, equilibrando consumos y gastos; por ejemplo, la utilización de vidrios adecuados en los cerramientos, la colocación de persianas y toldos en verano, la utilización de cubiertas ventiladas, etc, reducen el gasto energético y benefician el confort de los edificios (García, 2002).

CAPÍTULO 3. Marco Teórico Conceptual

3.1. El confort

Como se mencionó anteriormente, para la arquitectura bioclimática es fundamental alcanzar el confort para los usuarios; la existencia de un espacio confortable es necesario para una vida saludable y productiva (Mallick, 1996). Para Fuentes (2002, p. 27) el confort es el estado físico y mental en el que el individuo expresa bienestar y satisfacción con el medio ambiente circundante. El estado de confort depende de diferentes factores que pueden ser cuantificables y no cuantificables. La arquitectura bioclimática toma en cuenta diferentes tipos de confort, que están divididos de acuerdo al canal de percepción sensorial, y trabaja en ellos para lograr espacios armónicos. Entre los cuantificables se encuentran:

- a) **Confort Térmico.** Se refiere a la sensación de la temperatura del medio ambiente a través de la piel; el confort térmico está relacionado con diferentes condiciones del medio ambiente como son temperatura del aire, radiación, humedad, movimiento de aire y para las personas depende del tipo de ropa y la actividad realizada en el espacio. A través del diseño de espacios arquitectónicos, orientaciones y sistemas pasivos de climatización es posible conseguir condiciones térmicas confortables.
- b) **Confort Higrométrico.** La humedad desempeña un papel importante en el mecanismo de intercambio térmico en el cuerpo que se da a través de la sudoración y la respiración. El rango para el confort higrométrico es amplio pero cuando se rebasa causa impactos en el sistema respiratorio y cutáneo. Una ventilación adecuada es un sistema pasivo muy efectivo en condiciones normales, pero en condiciones extremas se deben considerar medios activos o híbridos para la humidificación y deshumidificación.
- c) **Confort lumínico.** Este tipo de confort otorga las condiciones y niveles de iluminación adecuados para realizar diferentes actividades en un espacio cerrado determinado. Para los niveles de confort lumínico se puede utilizar el reglamento de construcción de la localidad, en el cual se tienen valores mínimos requeridos. La forma de alcanzar este confort es tomando en cuenta la función que tendrá el espacio diseñado y otorgarle las condiciones más

favorables posibles, ya sea a través de la luz natural o con un sistema mixto.

- d) **Confort Acústico.** Para este tipo de confort se considera las alteraciones que provoca la exposición prolongada a sonidos altos (ruido), el confort acústico es combatir el ruido controlando las molestias consiguientes: pérdida temporal o permanente de la audición, perturbación del sueño, estrés, neurosis e interferencia de la comunicación, etc.; este control depende de una combinación de absorción y aislamiento. La absorción acústica permite disminuir el ruido emitido en un mismo local y da un confort acústico in-situ reduciendo la reflexión del ruido, la cual genera una molestia; en tanto, el aislamiento acústico permite controlar la transmisión de ruido entre dos locales.
- e) **Confort Olfativo.** Se relaciona con la calidad del aire y los efectos de la contaminación hacia la salud. Para conseguirlo se debe cuidar la elección de productos de construcción que no sean fuentes de malos olores o que para su mantenimiento necesiten productos que los produzcan; además, asegurar una ventilación suficiente, de forma que la calidad de aire suministrado sea la adecuada para su renovación.

Y el no cuantificable es el:

Confort Psicológico. Se refiere a la percepción global del cerebro de la información que recibe de su medio, incluyendo la percepción espacial, visual, auditiva, etc. Este tipo de confort es subjetivo, no cuantificable: sin embargo, existen algunos parámetros que pueden ser válidos para la mayoría de las personas y que de alguna forma son utilizados en el diseño arquitectónico entre los que se encuentran: Color, Texturas, Formas, Espacios, Feng-Shui.

3.2. El Medio Físico Natural.

De acuerdo con Ferreiro (1991), “en la integración del hombre con su medio, el clima constituye un factor ambiental determinante que influye en su forma de vida en donde el medio físico natural es aquel formado por montañas, ríos, lagos, mares, valles, la vegetación, el clima, etc., todo lo natural sin la intervención del hombre. Para caracterizar el medio físico natural en donde se realizará el proyecto, se debe

analizar sus particularidades mediante el estudio de su topografía, edafología, geología, e hidrología”.

- a) **Topografía.** Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, y es un elemento fundamental que condiciona en gran medida la disposición del asentamiento aportándole un carácter particular (Hernández, 2003).
- b) **Edafología.** La palabra edafología significa el estudio del suelo; se puede definir al suelo como la capa superficial de la corteza terrestre, en la cual se encuentra el soporte de la capa vegetal natural y gran parte de las actividades humanas. Es necesario conocer las características de los suelos para el buen manejo agrícola, pecuario, forestal, artesanal y de ingeniería civil (INEGI, 2004)
- c) **Geología.** Es la ciencia que estudia la forma interior del globo terrestre, de las materias que lo componen y de su formación, de los cambios o alteraciones que éstas han experimentado desde su formación. El saber el tipo de roca en una zona permitirá tener las bases generales para poder considerarlas en el diseño estructural.
- d) **Hidrología.** En términos geográficos es la descripción de los recursos acuíferos, superficiales o subterráneos de un territorio dado. Está determinada por las existencias del agua circulante en el ciclo hidrológico de la cuenca correspondiente (Álvarez, 1995); por lo tanto, la cercanía o alejamiento a una cuenca hidrológica influirá en la humedad de la zona.

3.3. Factores físicos regionales y locales.

El estudio de los factores físicos locales ayudará a determinar las condiciones particulares en las cuales se ubicará el proyecto a diseñar. Estos factores son determinantes en el emplazamiento arquitectónico y a su vez pueden ser modificados en parte por la arquitectura y diseño de exteriores mediante edificaciones, movimientos de tierra, cuerpos de agua y vegetación. Para complementar o ser más específico en el estudio, se tienen que analizar los parámetros del clima de zona de ubicación del proyecto a través de un análisis de la

climatología.

3.4. Climatología

El clima es el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan a una zona geográfica, y se puede considerar que al promediar lecturas de los diferentes elementos durante periodos largos de tiempo, estas magnitudes son los valores normales de temperatura, humedad, presión, lluvia, etc. para cada zona específica. El clima es uno de los factores fundamentales del diseño bioclimático, ya que en gran medida determina los conceptos y esquemas arquitectónicos básicos.

Los datos climáticos normalizados sirven para definir la característica climática de un sitio, para que estos datos se puedan considerar normales o normalizados, deben estar basados en registros de por lo menos diez años, solo de esta forma la caracterización climática puede ser confiable (Fuentes, 2004a).

- a) **Temperatura.** Es un parámetro que determina la transmisión de calor de un cuerpo a otro en forma comparativa por medio de una escala. Dentro del análisis de este parámetro se encuentran las temperaturas media, máxima, máxima extrema, mínima y mínima extrema. Para el diseño bioclimático, la temperatura horaria es útil para evaluar la comodidad y el confort térmico del usuario; mientras que para la obtención de las oscilaciones térmicas se utilizan las temperaturas máximas y mínimas. El análisis horario se hará en cuanto a las temperaturas y humedades, para ello se tomarán en cuenta las lecturas registradas a lo largo del día para realizar los valores tabulados de temperatura y humedad horaria. Estos datos son muy importantes para definir estrategias de diseño específicas.
- b) **Oscilación térmica.** Oscilación o amplitud térmica es la diferencia entre la temperatura más alta y la más baja registrada en un lugar o zona, durante un periodo de tiempo que puede ser un día, un mes, un año, etc. En las series climáticas la amplitud térmica es la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la del más frío. En general, los climas que corresponden a

zonas costeras o cercanas al mar presentan oscilaciones térmicas bajas, por los efectos moderadores o suavizadores de la masa hídrica. Por el contrario los climas de zonas interiores o continentales suelen presentar una fuerte oscilación térmica tanto diaria como anual, con la excepción de las zonas ecuatoriales o tropicales, donde las altas temperaturas son constantes. Puede considerarse una amplitud térmica baja hasta los 10°, media de 10 a 18° y alta por encima de los 18°.

- c) **Humedad.** Es el contenido de agua en el aire. Existen diversas escalas para su medición entre ellas la humedad relativa, expresada en porcentajes, y se refiere a la cantidad de agua necesaria para saturar el aire a una misma temperatura; ésta se mide cuando se obtiene una relación entre el termómetro de bulbo seco y el de bulbo húmedo. El empleo de la humedad relativa en el diseño bioclimático se convierte en una herramienta básica de climatización pasiva, debido a su efecto en los espacios y su bajo costo.
- d) **Precipitación.** La precipitación se refiere a la cantidad de agua que procede de la atmósfera, esta puede ser en forma de lluvia, granizo, llovizna, nieve o bruma; la precipitación pluvial se mide en milímetros de precipitación (mm), en un periodo determinado, donde un milímetro es un litro por metro cuadrado. Éste es un parámetro que influirá directamente en el diseño pues condicionará la forma, extensión de las cubiertas, inclinaciones y materiales a utilizar, así como el diseño de desalojo de aguas pluviales.
- e) **Viento.** El viento es otro parámetro de gran importancia para el diseño, ya que para algunos casos en donde el clima es cálido y húmedo es la principal fuente de climatización. Es producido por las corrientes de aire en la atmósfera, entre sus atributos se encuentran dirección, frecuencia, que es el número de repeticiones de una determinada dirección del viento, y velocidad; conocer sus atributos permitirá diseñar dispositivos tanto para su aprovechamiento en la ventilación pasiva como para la protección de su incidencia en zonas no requeridas.

3.5. Diagrama bioclimático

Según Fuentes (2004, p. 185) que cita a Szokolay (1984), la primera persona en definir una zona de confort con fines arquitectónicos a partir de una grafica de temperaturas y humedades fue Víctor Olgyay (1963), posteriormente fue modificada por Szokolay con ajustes a la temperatura neutra.

El diagrama bioclimático define una zona de confort, la cual se ajusta de acuerdo al cálculo de temperatura neutra, desplazándose de acuerdo a la escala correspondiente a distintos grados de metabolismo, que varían de acuerdo a la actividad que se realizaran para un determinado espacio (130, 210, 300 y 400 W). Define cuatro estrategias básicas de diseño: calentamiento, control solar o sombreado, ventilación natural y humidificación,

En este diagrama se grafican los puntos que relacionan las temperaturas máximas con las humedades mínimas y las temperaturas mínimas con las humedades máximas mensuales, para posteriormente trazar la línea que une a los dos puntos graficados. Este procedimiento se repite para cada uno de los doce meses del año y se definen los porcentajes de aplicación de cada estrategia.

3.6. Carta psicrométrica

La carta muestra las relaciones y parámetros psicrométricos del aire húmedo, que son:

- Temperatura de bulbo húmedo, que es la temperatura que tiene un bulbo termométrico permanentemente humedecido, la temperatura húmeda es siempre menor a la seca excepto en un ambiente húmedo en la cual serian iguales. En la carta se representa como un conjunto de curvas
- Temperatura de bulbo seco, medida por un bulbo termométrico seco y se representa en el eje de las abscisas de la carta.
- Humedad absoluta, se expresa como la presión parcial de vapor de agua (en mm de Hg). Se representa en el eje de las ordenadas.

- Humedad relativa, expresada como el porcentaje de humedad respecto al máximo que admite la atmósfera y esta representada a través de curvas en la carta.

Baruch Givoni fue el primero en utilizar la carta con fines arquitectónicos, definiendo una zona de confort y distintas estrategias de diseño entre las que se encuentran el calentamiento, ventilación, humidificación, enfriamiento evaporativo, masa térmica, masa térmica con ventilación nocturna y sistemas activos o convencionales de acondicionamiento de aire (Alavéz, 2004).

3.7. Tablas de Mahoney

Las tablas de Mahoney es un método de diseño bioclimático elaborado por Carl Mahoney para el diseño del hábitat en países tropicales, tienen la finalidad de comparar los datos climáticos con un límite de confort establecido para un lugar en específico y permiten evaluar la duración de las condiciones de desconfort en las distintas épocas del año para tener referencia del tipo de recurso bioclimático a utilizar. En las tablas se realiza un análisis dividido en cuatro etapas: análisis de datos meteorológicos mensuales, comparación de los datos climatológicos contra valores de límites o zonas de confort, identificación de indicadores y la definición de pautas de diseño. En 1982 Steve Szokolay desarrolla una versión modificada, la cual integra las cuatro tablas en una sola.

Los datos necesarios para la utilización de las tablas son: temperatura media mensual, humedad relativa media mensual y precipitación media mensual en mm. Con estos datos se generan los límites de la zona de confort térmico tanto para el día como para la noche, posteriormente los indicadores muestran seis posibles estrategias de diseño bioclimático:

- Ventilación esencial (H1)
- Ventilación deseable (H2)
- Protección contra lluvia (H3)
- Inercia Térmica (A1)

- Espacios exteriores nocturnos (A2)
- Protección contra el frío (A3)

Finalmente ofrece una serie de recomendaciones de diseño, como son:

- Distribución
- Espaciamiento
- Ventilación
- Tamaño de aberturas
- Posición de aberturas
- Protección de aberturas
- Tipo de muro y pisos
- Tipo de techumbre
- Espacios nocturnos

3.8. Triángulos verdes de John Martin Evans

Los triángulos verdes o de confort es una técnica gráfica de diseño bioclimático que tiene énfasis en la oscilación térmica. Surge como resultado de las experiencias obtenidas con la aplicación de las tablas de Mahoney. Los triángulos permiten visualizar la relación entre condiciones climáticas y condiciones deseables de confort, seleccionar estrategias de diseño bioclimático, así como verificar el funcionamiento de edificios existentes a través de la amplitud térmica y su modificación al aplicar estrategias bioclimáticas.

La oscilación térmica y temperatura media mensual son datos necesarios para la utilización de este método, las cuales son graficadas en los dos diferentes grupos de triángulos; el primero, triángulos de confort, define el tipo de confort (Actividad sedentaria, confort para dormir, circulación interior y circulación exterior) en el que esta situado el mes analizado, el segundo, estrategias de diseño, muestra el recurso bioclimático a utilizar entre las que se encuentran la ventilación cruzada, ventilación selectiva, Inercia térmica, ganancias internas y ganancias solares.

CAPÍTULO 4. Metodología

La metodología está basada en la propuesta de Víctor Fuentes (2002), que a su vez toma las propuestas de investigadores como: Givoni (1969), Olgay (1973) y Szokolay (1984) citados por Fuentes (2002); sin embargo, por su enfoque hacia la docencia, se realizan modificaciones para adaptarla directamente a la elaboración de proyectos arquitectónicos bioclimáticos.

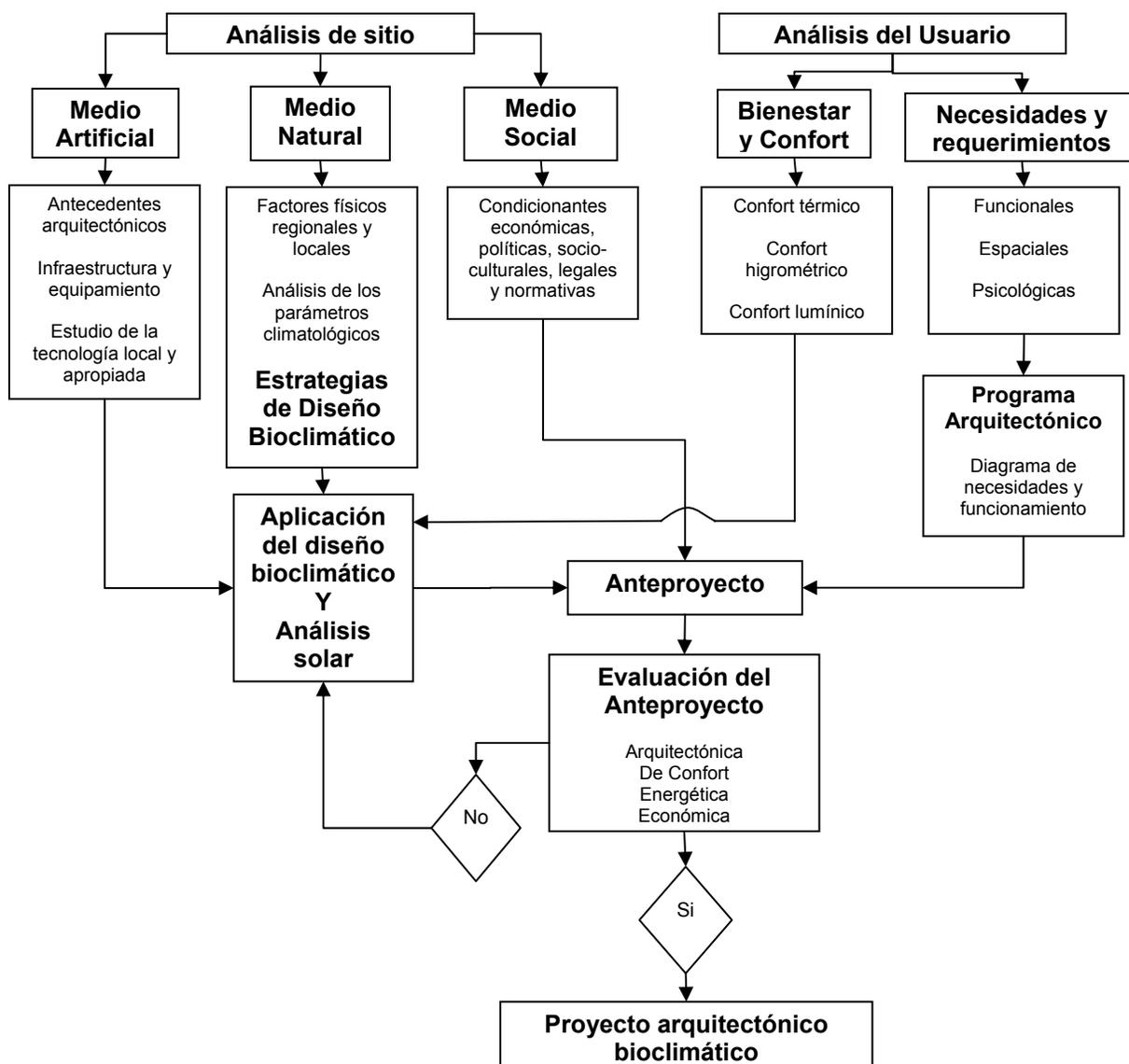


Figura 1. Metodología de aplicación del diseño bioclimático

En la figura 1 se observa el diagrama de la metodología utilizada en este trabajo, la cual se divide en análisis de sitio y análisis del usuario; en la primera parte se analizaron las condicionantes del medio natural, medio artificial y medio social; en la segunda parte se analizaron los requerimientos de confort del usuario así como sus necesidades y requerimientos, datos que fue utilizados para formular el programa arquitectónico que complementó el anteproyecto bioclimático. Finalmente el anteproyecto fue evaluado desde el punto de vista arquitectónico, de confort, energético y económico.

4.1. El Medio Natural (factores físicos regionales y locales)

En esta etapa se definieron las estrategias de diseño bioclimático por medio de los estudios del sitio, considerando el análisis los factores físicos regionales y locales como son: topografía, edafología, geología, hidrología, vegetación, usos y aptitudes del suelo, por medio de las cartas topográficas, edafológicas, geológicas, hidrológicas y climatológicas, y se obtuvo un panorama general de las condiciones físicas del área de estudio. De la misma manera se analizaron los parámetros climatológicos los cuales permiten puntualizar y caracterizar específicamente la zona de estudio.

4.1.1. Estrategias de diseño bioclimático

Esta etapa consistió en determinar las acciones necesarias y la manera en como coordinarlas para alcanzar las condiciones de confort deseado. Las estrategias se pueden definir y aplicar para cada tipo de confort; sin embargo, en este estudio solo se tomaron en cuenta las de climatización y de iluminación, debido a la extensión que tendría la investigación y a las restricciones de tiempo.

Las estrategias de climatización fueron determinadas por el análisis comparativo de las interrelaciones de parámetros de temperatura y humedad utilizando el diagrama bioclimático y la carta psicrométrica; temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial a través de las tablas de Mahoney; además, la temperatura y su oscilación por medio de los triángulos verdes.

Para determinar las condiciones óptimas de iluminación natural, se utilizó el método del “Cálculo del factor de luz Diurna” propuesto por Szokolay (1980).

4.1.2. Análisis de los parámetros Climatológicos

En esta etapa se llevo a cabo el análisis climático detallado de los parámetros de temperatura (media y horaria), humedad relativa (media y horaria), precipitación pluvial, dirección, velocidad y frecuencia de viento (medio y horario). Se recolectaron lecturas registradas en la unidad meteorológica de la ciudad de Oaxaca, los datos fueron tomados de los días 21 de cada mes en sus 24 horas, por un periodo de 10 años el cual abarcó de 1995 al 2004. Posteriormente se promediaron para obtener las normales climatológicas de la ciudad y zona conurbada, las cuales fueron utilizadas para calcular las zonas de confort en la parte térmica, a través del cálculo propuesto por Szokolay (1980). Se construyeron tablas horarias de temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad de viento, en las cuales se graficaron las zonas de sobrecalentamiento, enfriamiento y confort, para el caso de la temperatura y el viento, y para la humedad relativa la zona de humedad alta y baja. Además se elaboró la rosa de viento tanto anual como mensual para conocer las direcciones y frecuencias dominantes.

También, se realizó un análisis de la relación entre parámetros a través del diagrama bioclimático, la carta psicrométrica, las tablas de Mahoney y los triángulos verdes. Con base en estos análisis se definieron estrategias de climatización para ser aplicadas en el diseño arquitectónico bioclimático (Sayigh y Hamid, 1998. Zain-Ahmed, Sayigh, Surendran y Othman, 1998. Papparelli, Kurbán y Cúnsulo, 1996. Ajibola, 2001)

4.1.3. Aplicación del diseño bioclimático

En esta sección se elaboró el diseño propiamente dicho, se expresaron las propuestas arquitectónicas, espaciales y de detalle en forma gráfica, que dan solución a las necesidades y requerimientos del usuario, participando los sistemas pasivo de climatización y el análisis solar que propone el diseño bioclimático. De

igual forma, dentro de esta etapa se conceptualizaron los resultados del análisis del medio social y artificial, que fueron tomados en cuenta para el diseño del anteproyecto bioclimático.

4.1.4. Análisis Solar

La geometría solar se estudia de manera particular, como uno de los factores del clima ya que es un elemento sustantivo del proyecto bioclimático, el resultado fue la elaboración de gráficas y datos solares detallados relacionados con los datos de temperatura horaria.

Se construyó la grafica solar del sitio por medio del método gráfico-matemático “valor de la intensidad de la radiación solar” (anexo 1), posteriormente se elaboraron las gráficas de la relación de los rangos de temperatura horaria con el movimiento aparente del sol y se calcularon los rayos solares de magnitud verdadera en alzado; utilizando estas gráficas se realizó el diseño de dispositivos de control solar de acuerdo a los requerimientos de las estrategias de diseño bioclimático.

4.2. El Medio Artificial

En esta etapa se analizaron los antecedentes arquitectónicos, la infraestructura y equipamiento de la zona, así como el estudio de tecnología local y apropiada. En cuanto a los antecedentes arquitectónicos, para evitar posibles deterioros al medio ambiente cultural y del entorno desde el punto de vista de imagen urbana y tener consideraciones en cuanto a diseño, fue necesario tomar en cuenta la tipología y conocer las características de la arquitectura propias de la zona en estudio; detectar las tipologías permite establecer un criterio para evitar la destrucción o el deterioro del medio ambiente cultural significativo (Lacomba, 1991). Para conocer la infraestructura y equipamiento del sitio, se realizó un estudio del contexto urbano que integra la zona, esto con el fin de poder aprovecharlos en el proyecto.

La importancia del estudio de la tecnología local y apropiada fue conocer los materiales constructivos regionales, sus sistemas constructivos y de esta forma

incorpóralos al proyecto, así como evaluar la posibilidad de incorporar materiales reciclables, reciclados o reutilizables.

4.3. El medio Social

Se determinaron y evaluaron las condicionantes económicas, políticas, sociales y culturales del sitio de estudio, incluyendo normas, leyes, reglamentos enfocados a determinar la factibilidad y pertinencia del proyecto.

4.4. Análisis del Usuario

En esta etapa se realizó el análisis del usuario en cuanto sus necesidades de bienestar y confort, necesidades espaciales y requerimientos funcionales del espacio a diseñar. Para analizar el bienestar y confort, se considero el confort térmico, higrométrico y lumínico. Para conocer las condiciones puntuales de confort para el ser humano (usuario) se tomó como base el análisis climático, anteriormente realizado, en el cual se encuentran los rangos de confort térmico y higrométrico en los que se debe situar el proyecto y es esencial para logra la concepción del mismo.

En la parte de confort lumínico se utilizó el reglamento de construcción del estado de Oaxaca y los porcentajes de luz diurna propuestos por Szokolay para conocer los requerimientos de iluminación de acuerdo al uso del inmueble.

Se recabaron los datos para formular el programa en cuanto a las necesidades y requerimientos funcionales y espaciales de acuerdo al uso del espacio. Se realizó a través de charla directa con el usuario, recabando información sobre las actividades que se van a desarrollar en el edificio a diseñar.

Posteriormente se elaboró el programa arquitectónico, que según Plazola (1983, p. 495) es el conjunto de datos que el arquitecto necesita para formular el proyecto. En esta etapa se consideraron los diagramas de funcionamiento de espacios, el diagrama de necesidades y las tablas de áreas y su relación con los horarios de uso del espacio elaborado con los datos anteriormente recabados.

4.5. Anteproyecto

Para realizar el anteproyecto arquitectónico fue necesario plasmar gráficamente las estrategias de diseño bioclimático a utilizarse en conjunto con los requerimientos que define el programa arquitectónico y el resto de análisis; se consideraron los conceptos funcionales, estéticos, espaciales, tecnológicos, estructurales, constructivos y de integración con el medio ambiente y su entorno.

4.6. Evaluación del Anteproyecto

4.6.1. Arquitectónica

Se revisaron las estrategias y conceptos de diseño a detalle, así como el funcionamiento de áreas, la interrelación de locales y el aspecto estético.

4.6.2. De confort

4.6.2.1. Evaluación de los dispositivos de control solar

En este punto se analizaron la orientación del edificio y el funcionamiento de dispositivos de control solar, por medio de modelos virtuales utilizando el programa de diseño asistido por computadora (AutoCAD ®); así como modelos físicos a escala utilizando un Gnomon o indicador solar universal.

4.6.2.2. Ventilación

En el análisis de la ventilación se utilizó el cálculo matemático de “ventilación natural” propuesto por Fuentes (2004b), para comprobar que las dimensiones de los vanos sean las correctas a fin de lograr las renovaciones de aire necesarias para mantener los niveles de dióxido de carbono en el mínimo permisible; además se construyó una cámara de humo en la cual se evaluó el comportamiento del flujo del viento en el interior del edificio.

4.6.2.3. Iluminación

Para evaluar la iluminación natural se utilizó el método “Calculo del factor de luz Diurna” propuesto por Szokolay (1980), los resultados fueron comparados con los requerimientos marcados por los porcentajes de luz diurna propuestos en el mismo método y con los requerimientos en luxes/m² que marca el reglamento de construcción vigente para el estado de Oaxaca de acuerdo al uso del edificio.

Se tomaron como constantes el 70% de reflectancia interior en las paredes, que es el porcentaje de luz que puede reflejar un objeto que esté pintado con colores de saturación baja como los colores pastel; existe un factor que condiciona o corrige la reflectancia interior llamado factor de corrección por deterioro de la decoración (D), ésto se refiere al uso y tipo de medio ambiente exterior en el que se localiza el inmueble, para este caso se propuso de 0.80 (localización sucia-uso del espacio limpio). Dentro del cálculo se consideraron factores que influyen en el ingreso del luz solar (componente celeste) a través de la ventana al interior del edificios, estos factores de corrección fueron: factor de mantenimiento (FM) de 0.9, se refiere al tipo de conservación por suciedad y otras causas de deterioro de los cristales; factor de transparencia del cristal (FC) 1.00, se refiere al tipo de cristal a utilizar, para este ejemplo se propuso un cristal transparente y factor de diseño de herrería (S) 0.75, el cual se refiere al tipo de obstrucciones que puede causar el diseño de la armadura de la ventana a los cristales (consultar tablas en anexo 2).

Se diseñó una malla con espacios a cada 1.50 m en ambas direcciones para tomar las lecturas de predicción de la distribución de luz de día, esto de acuerdo a la distancia entre las mesas de trabajo. Los puntos de intersección de la malla se utilizaron como referencia para la toma de lecturas y comparación de la cantidad del factor de luz diurna en cada uno de ellos.

4.6.3. Energética-Económica

La parte de la evaluación energética se hizo aplicando la NOM-008-ENER-2001, EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES, ENVOLVENTE DE EDIFICIOS NO RESIDENCIALES. Con los resultados obtenidos se realizó un análisis comparativo de gasto económico que tendría un edificio de referencia con respecto al edificio propuesto para conocer el posible monto de ahorro, al cual se le sumó el ahorro que produce el uso de iluminación natural y se obtuvo un ahorro total mensual por la aplicación de estrategias de diseño bioclimático.

CAPÍTULO 5. Estrategias de diseño para la ciudad de Oaxaca y zona conurbada

5.1 Análisis de sitio (el medio natural)

5.1.1. Factores Físicos Regionales y locales

La ciudad de Oaxaca y su zona conurbana se localiza en la región de valles centrales perteneciente al estado de Oaxaca, se encuentra a una altura de 1552 msnm, sus coordenadas geográficas son: al Norte 17°09', al Sur 17°02' de latitud Norte; al Este 96° 41'; al Oeste 96°46' de longitud Oeste.

Colinda al Norte con el municipio de San Pablo Etla; al Este con los municipios de San Andrés Huyapam, San Agustín Yatareni y Santa lucia del Camino; al Sur con los municipios de San Antonio de la Cal y Santa Cruz Xoxocotlán; al Oeste con los municipios de Santa Maria Atzompa y San Jacinto Amilpas (INEGI, 2000).

Las localidades principales de Oaxaca de Juárez son: Donají, Pueblo Nuevo, San Felipe del Agua, San Juan Chapultepec , Trinidad de Viguera, Cinco Señores, Dolores, Guadalupe Victoria, Montoya, Santa Rosa Panzacola, San Luís Beltrán. El municipio de Oaxaca de Juárez cuenta con una población de 256,130 habitantes según censo de población del año 2000 (INEGI, 2000).

El proyecto estará ubicado en el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, específicamente en área perteneciente al Centro Interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional, CIIDIR, IPN, Unidad Oaxaca, el estudio de estos factores se centra en esta área. Santa Cruz Xoxocotlán se localiza en las coordenadas geográficas (INEGI, 2000, p. 3):

Al Norte 17° 03', al Sur 16° 58' de latitud Norte.

Al Este 96° 43', al Oeste 95° 48' de longitud Este.

Colinda con los municipios de:

Al Norte con San Pedro Ixtlahuca, Santa María Atzompa y Oaxaca de Juárez.

Al Este con Oaxaca de Juárez, San antonio de la Cal, San Agustín de las Juntas, Animas Trujano, San Bartolo Coyotepec y Santa María Coyotepec.

Al Sur con Santa María Coyotepec, Zaachila y San Raymundo Jalpan.

Al Oeste con San Raymundo Jalpan, Cuilapam de Guerrero y San Pedro Ixtlauca.

El municipio de Santa Cruz Xoxocotlán cuenta con una población de 40,815 habitantes, según el censo del INEGI de 1995.

5.1.1.1. Topografía

La ciudad de Oaxaca de Juárez se encuentra en un valle de la Sierra Madre del Sur en la provincia de Sierras Orientales. La Sierra ocupa un 39.13 % de la superficie total del municipio, el lomerío con llanuras el 38.20%, llanuras con lomeríos 3.25% y el valle con lomeríos 19.42% (INEGI, 2000).

La región tiene una altura menor a los 1600 msnm en sus valles y lomeríos (Figura 2) y sus principales elevaciones son: Cerro Peña de San Felipe con 3100 msnm, Cerro Tres Cruces con 1940 msnm, Cerro Monte Albán con 1920 msnm, Cerro Pelado 1800 msnm y Cerro Fortín con 1800 msnm.

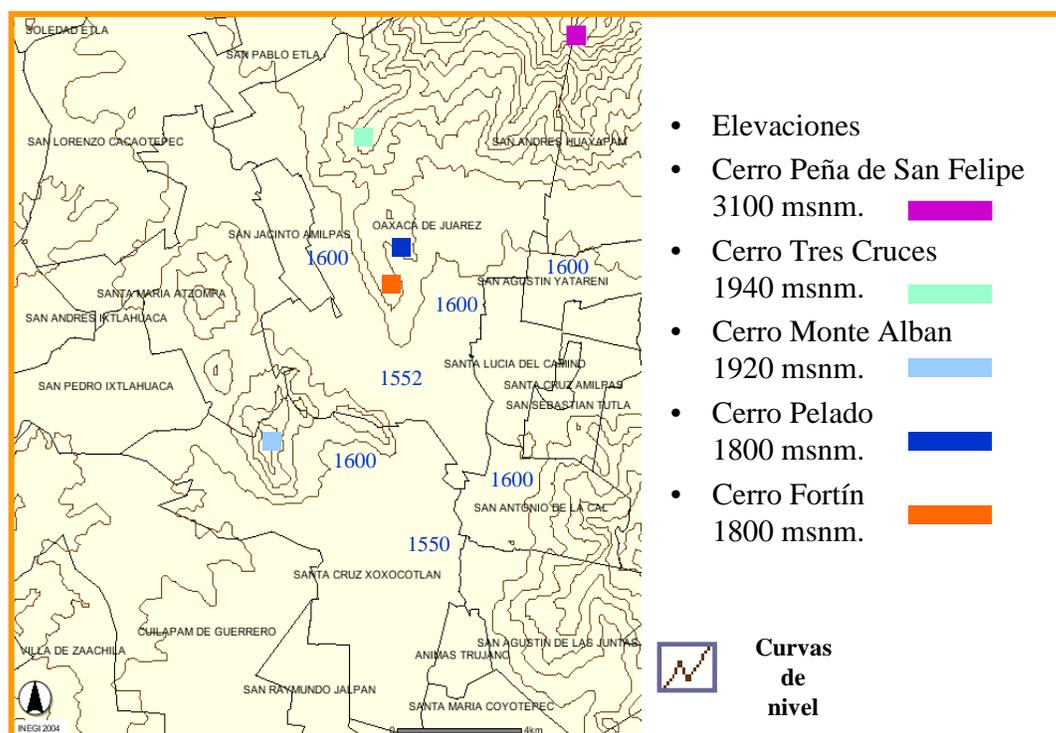


Figura 2. Topografía de Oaxaca de Juárez y municipios colindantes.

En la figura 3 se observa el sistema de toposformas predominante en Santa

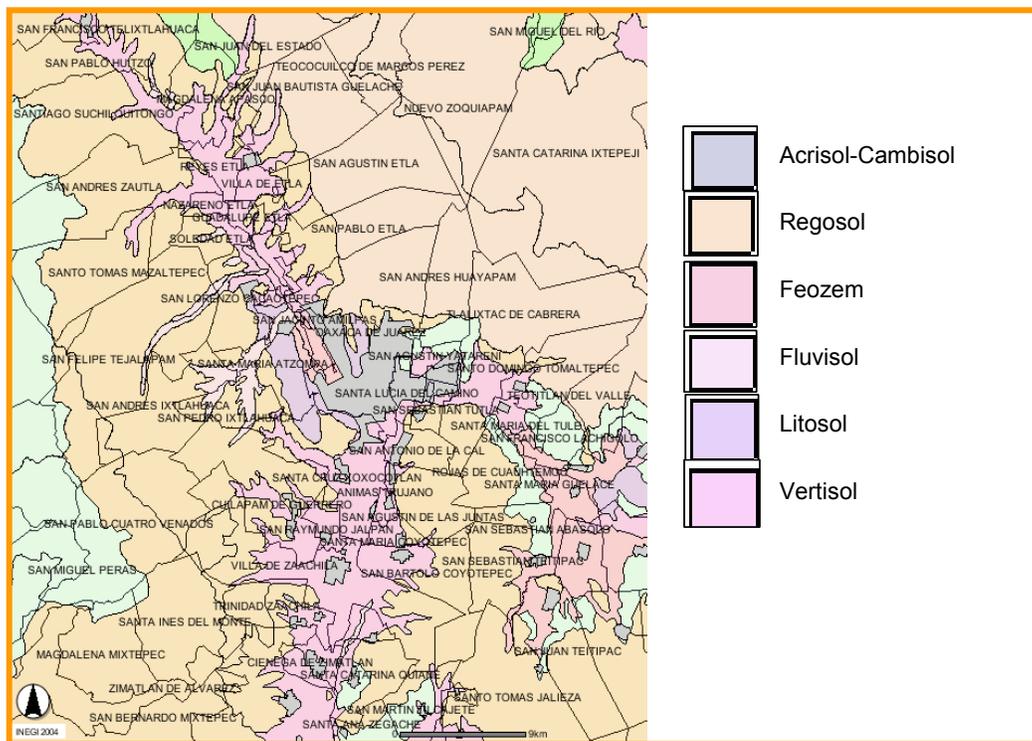


Figura 4. Edafología de Oaxaca de Juárez y municipios colindantes.

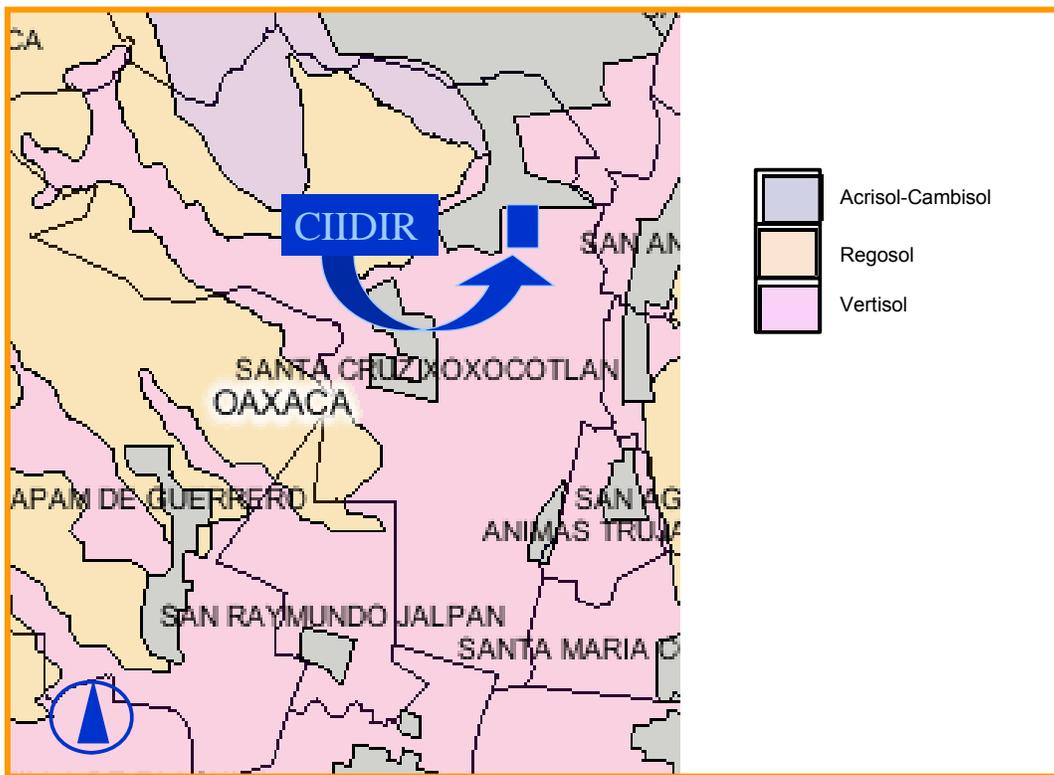


Figura 5. Edafología de Santa Cruz Xoxocotlán.



Figura 7. Hidrología de Oaxaca de Juárez y municipios colindantes (INEGI, 2000).



Figura 8. Hidrología de Santa Cruz Xoxocotlán.

De acuerdo con el INEGI (2000, p. 8), la principal fuente hidrológica de la zona de estudio es el Río Atoyac, que se encuentra a pocos metros de la ubicación del proyecto, perteneciente a la subcuenca Atoyac-Oaxaca de Juárez de la cuenca Río Atoyac de la región Costa Chica-Río Verde; y la corriente de agua es el Río Nazareno ubicado al lado oeste del municipio (Figura 8).

5.1.1.5. Clima

La región se caracteriza por tener un clima Semiseco- semicálido en la parte sur del territorio; hacia el norte, el clima se vuelve Semicálido – subhúmedo con lluvias en verano y en las partes de mayor altura con respecto al nivel del mar el clima es Templado – subhúmedo, de mayor humedad (INEGI, 2000, p. 5). La región se localiza dentro de las isotermas de 20° y 18° de la carta climática (Figura 9).

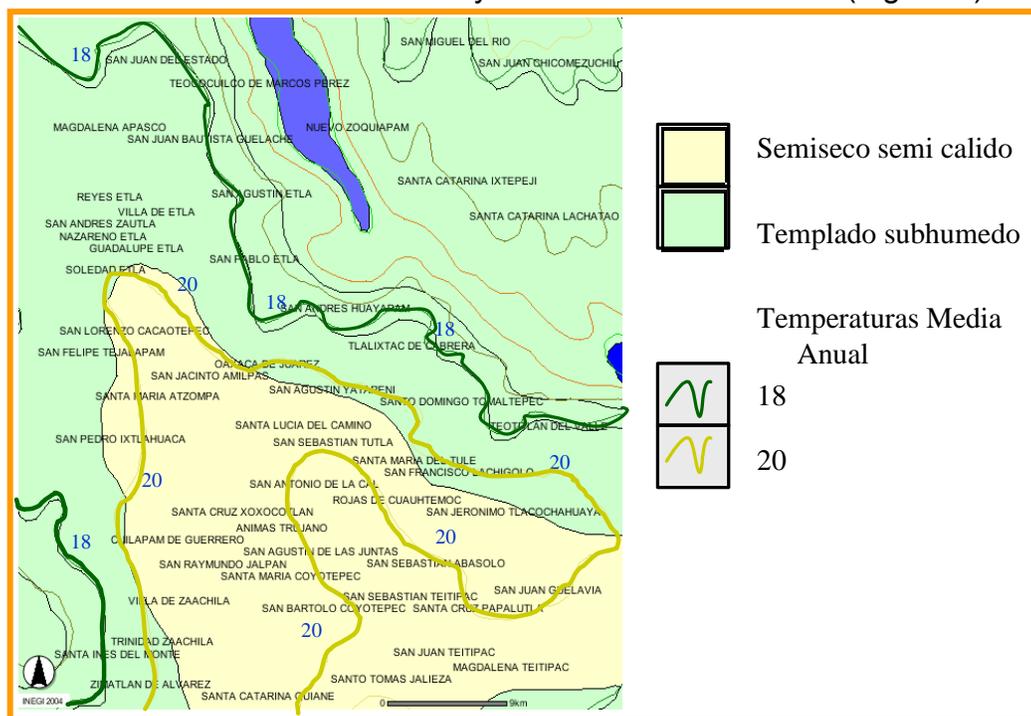


Figura 9. Climas y Temperatura media anual de Oaxaca de Juárez y municipios colindantes.

Según los datos del INEGI (1997, p. 5), el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán tiene un clima semiseco-semicálido y de acuerdo a los registros de la Comisión Nacional del Agua cuenta con una temperatura media anual de 20.4° C (periodo 1961-1995), y reporta el año mas frío con una temperatura de 19.5° C (1992) y el año mas cálido con 20.9° C (1980). En la figura 10 se observa el comportamiento de las temperaturas promedio mensuales durante el periodo 1961-1995, siendo el mes de

mayo donde se reporta la temperatura más alta con 23.2° C y la más fría corresponde al mes de enero con 17.6° C.

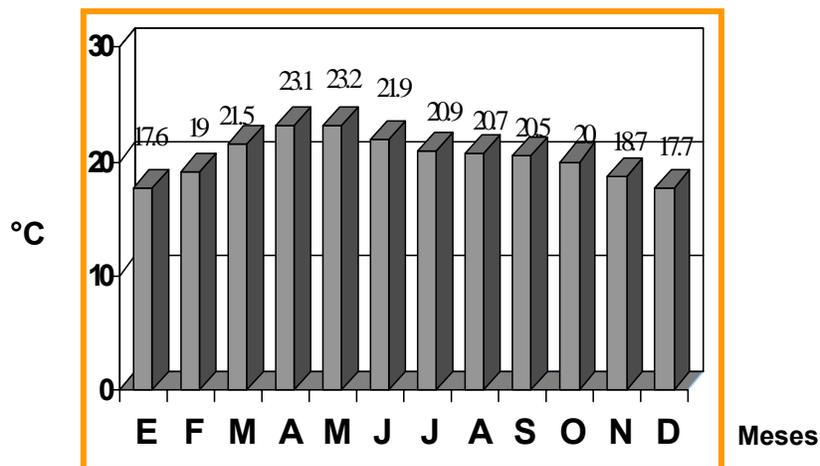


Figura 10. Gráfica de temperaturas promedio mensual periodo 1961-1995 de Santa Cruz Xoxocotlán.

5.1.1.6. Precipitación Pluvial

La carta de precipitación (Figura 11) muestra que la región se encuentra dentro del rango de los 700 mm de precipitación media anual, siendo de 1000 mm en las partes más altas.

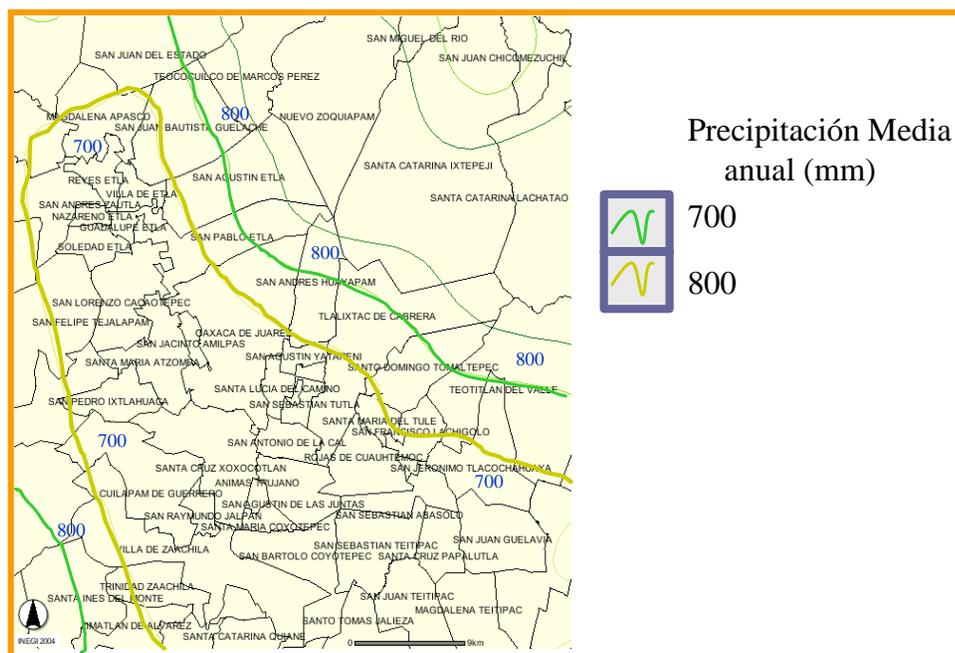


Figura 11. Precipitación media anual de Oaxaca de Juárez y municipios colindantes.

De acuerdo los registros de los años 1981 al 2000 del INEGI (INEGI, 2000, p. 5) la precipitación promedio fue de 727.7 mm, teniendo el año mas seco 459.5 mm de lluvia. Para la Comisión Nacional del Agua (periodo 1949-1996) Santa Cruz Xoxocotlán tiene una precipitación promedio anual de 708.2 mm, reportando el año mas seco con una precipitación de 459.5 mm (1977) y el mas lluvioso con 978.6 mm (1974) (INEGI, 2000, p. 7). En la gráfica se observa que el mes con mayor precipitación es junio con 159.70 mm y el más seco diciembre con 3.80 mm (Figura 12).

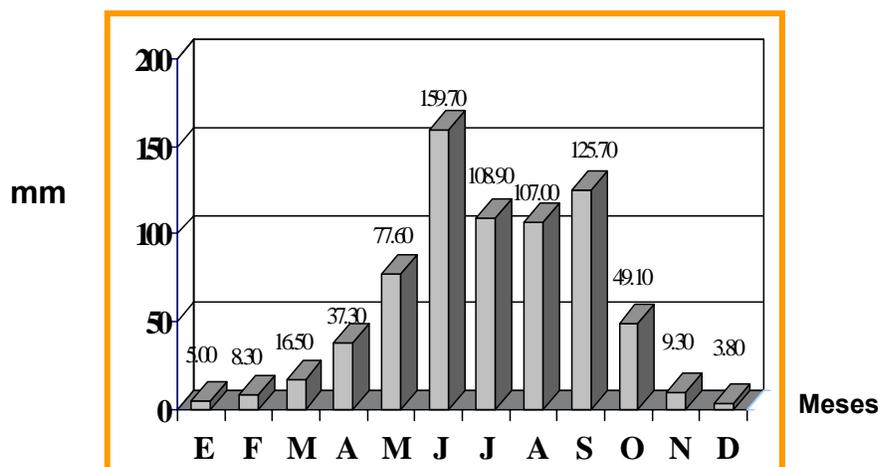


Figura 12. Gráfica de precipitación pluvial promedio mensual periodo 1949-1996 de Santa Cruz Xoxocotlán.

5.1.1.7. Vegetación y Uso de suelo

La zona se caracteriza por tener una vegetación variada que abarca el pastizal, con la especie Navajita (*Bouteloua hirsuta*), bosque de Encino (*Quercus glaucinoides*), selva con especies como el Cazahuate (*Ipomea sp.*), Tepeguaje (*lysiloma sp.*), Guaje (*Leucaena sp.*), Palo mulato (*Bursera simaruba*), Chamizo (*Senecio sp.*) y Eucalipto (*Eucalyptus sp.*) (Figura 13).

En el uso de suelo, el agrícola de temporal ocupa un 57% del área aprovechable para el cultivo; al agrícola de riego ocupa el 39 % del espacio restante. El aumento de la población ha originado que la zona de uso urbano se haya incrementado en los últimos años extendiéndose hacia los municipios colindantes, según datos recopilados del INEGI (INEGI, 2000, p. 8) (Figura 13).

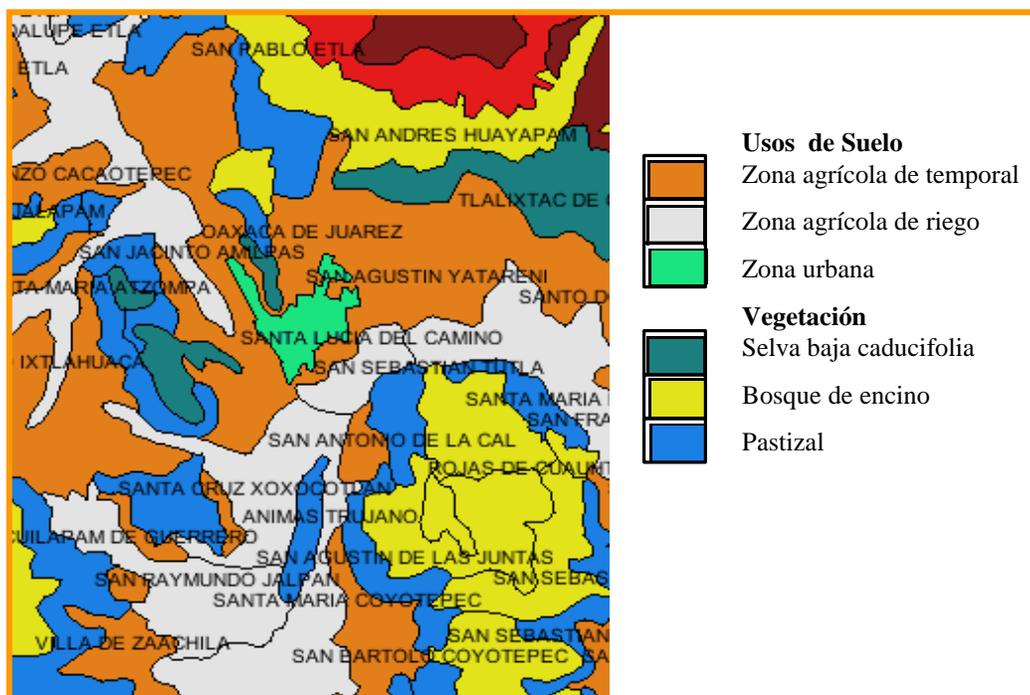


Figura 13. Vegetación y Uso de suelo de Oaxaca de Juárez y municipios colindantes.

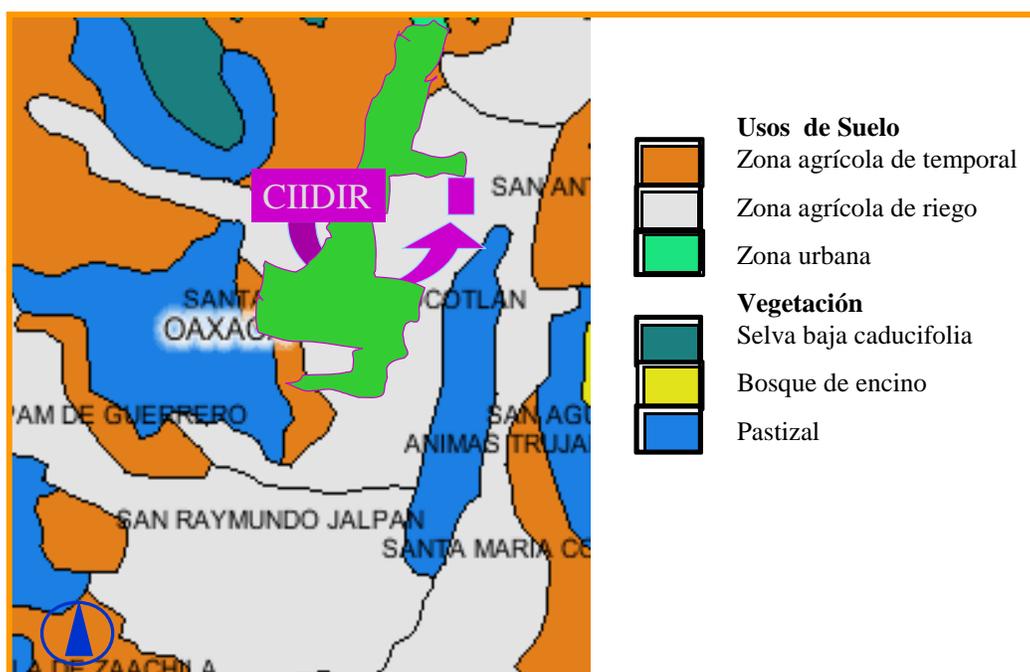


Figura 14. Vegetación y uso de suelo de Santa Cruz Xoxocotlán.

La vegetación del municipio de Santa Cruz Xoxocotlán abarca el pastizal ocupado para forraje de la especie Navajita velluda (*Bouteloua Hirsuta*) ocupando el 20.27 % de la superficie; la selva ocupa el 4.98% con especies como Copal, y

cujilote usados para madera, uña de gato, zarza y jarilla para forraje y especies comestibles como el nopal y la cholla. Especies propias de la agricultura como la alfalfa y el maíz ocupan el 64.0 % de la zona (INEGI, 2000, p. 9). Los principales usos del suelo están dedicados a la agricultura de temporal y de riego; el uso habitacional se ha incrementado en los últimos años debido a la construcción de unidades habitacionales de interés social (Figura 14).

5.1.2. Análisis de los Datos Físicos.

Topografía. De acuerdo a los datos topográficos de las cartas se observa que el sitio en donde se realizará el proyecto es una zona con poco desnivel entre los rangos de 2% al 5%; esto lo hace factible para la construcción de edificaciones y el abastecimiento de servicios necesarios para su buen funcionamiento.

Edafología. El suelo predominante en la zona es el Vertisol, que se caracteriza por ser un suelo de estructura masiva y alto contenido de arcilla expansible en húmedo. Por lo tanto será recomendable realizar un estudio para conocer la resistencia del suelo y proponer las características de la cimentación.

Geología. La característica principal del área en donde se ubicará el proyecto son rocas sedimentarias del tipo aluvial conglomerado, lo cual reafirma la necesidad del estudio de mecánica de suelos para el cálculo estructural del edificio.

Hidrología. La principal fuente hidrológica es el Río Atoyac, el cual está muy contaminado, y debido a su cercanía con el área propuesta para la edificación se deberá tomar en cuenta la posibilidad de la incidencia de malos olores a la zona y creación de estrategias para solucionar el posible problema.

Clima. La carta climática solo muestra el tipo de clima para el área, que es semiseco-semicálido con una temperatura media de 20.4° C, datos que son insuficientes para complementar el estudio climático con el cual se propondrán las estrategias de diseño, ya que es necesario conocer las temperaturas horarias para elaborar estrategias de climatización específicas.

Precipitación. La precipitación de esta zona es del orden del 708 mm promedio anual, la cual se encuentra dentro del rango de precipitación media de 650 y 1000 mm según Fuentes (2002, p. 249), por lo tanto la zona de estudio se encuentra

dentro de la zona de confort hídrico.

Vegetación y uso de suelos. La carta de vegetación y uso de suelos muestra el tipo de vegetación predominante en la zona, misma que se puede incorporar al proyecto para las áreas de jardines y así promover a la conservación de estas especies nativas(Nopal, copal, etc.).

En cuanto al uso de suelo, se encuentra en una zona agrícola, pero este dato es erróneo puesto que esta zona se ha convertido en una área habitacional en su gran mayoría.

5.2. Análisis de los parámetros climatológicos

La climatología es el estudio o estadística de los climas, en tanto el clima es el conjunto de condiciones atmosféricas que caracteriza una zona geográfica. Para el análisis de los parámetros de temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial y viento, se recopilaron los datos de un periodo de 10 años de los libros de registro del Unidad Meteorológica de la ciudad de Oaxaca de Juárez perteneciente a la Comisión Nacional del Agua, Región Pacífico Sur; el periodo abarca los años de 1995 al 2004.

5.2.1. Temperaturas

5.2.1.1. Temperatura Media

La tabla 1 muestra la temperatura máxima (TM), la temperatura mínima (Tm) y la temperatura Media (Tmed) tanto mensual como anual de la ciudad de Oaxaca de Juárez y zona conurbana, en ella se observa que la máxima temperatura registrada corresponde al mes de Marzo con 29.9 ° C y la mínima registrada se encontró en el mes de diciembre con 8.5° C, estas temperaturas definen la necesidad de utilizar estrategias de enfriamiento y calentamiento para estos meses. Además, muestra que la temperatura media anual es de 19.7° C, dato que servirá para el cálculo de la zona de confort, y la oscilación promedio anual es de 13.3 ° C, que de acuerdo a diferentes autores después de 7° de oscilación se debe considerar como extremosa. Estos datos fueron relacionados con los datos de humedad relativa para elaborar las gráficas, cartas y tablas que definirán las estrategias de diseño bioclimático.

Tabla 1. Promedio de temperaturas máximas, mínimas, medias y su oscilación en la ciudad de Oaxaca.

MES	TM °C	Tm °C	Tmed °C	Oscilación °C
Enero	27.0	10.9	18.1	16.1
Febrero	27.8	11.6	19.2	16.2
Marzo	29.9	13.9	20.9	16.0
Abril	27.7	16.6	21.7	11.1
Mayo	26.6	16.5	21.1	10.1
Junio	26.4	16.5	20.9	9.9
Julio	26.7	15.8	20.2	10.9
Agosto	27.8	16.7	21.1	11.1
Septiembre	28.2	16.2	21.1	12.0
Octubre	26.0	13.0	19.2	13.0
Noviembre	25.8	9.6	16.8	16.2
Diciembre	25.2	8.5	16.4	16.7
ANUAL	27.1	13.8	19.7	13.3

5.2.1.2. Cálculo de la zona de confort térmico

A partir de la temperatura media anual (19.7° C), se calculó la temperatura neutra (Tn) con base en las fórmulas propuestas por Steve Szokolay (1998), en las cuales se determinan los límites máximos y mínimos de la zona de confort térmico como se describe a continuación:

$$T_n = (T_{ma} \times 0.31) + 17.60, \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

Tn= Temperatura neutra (°C)

Tma= Temperatura media anual (°C)

$$T_n = (19.7 \times 0.31) + 17.60 = 23.7^\circ \text{ C},$$

$$ZC_{\min} = T_n - 2.5, \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

Zcmin= Límite de confort térmico mínimo (°C)

Tn= Temperatura neutra (°C)

$$ZC_{\min} = 23.7 - 2.5 = 21.2^\circ \text{ C},$$

$$ZC_{\max} = T_n + 2.5, \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

Zcmax= Límite de confort térmico mínimo (°C)

Tn= Temperatura neutra (°C)

$$ZC_{\max} = 23.7 + 2.5 = 26.2^\circ \text{ C.}$$

El resultado de este cálculo es la definición de la zona de confort térmico para la ciudad de Oaxaca y zona conurbana, la cual se encuentra en los rangos de temperaturas de 21.2° C como mínima y 26.2° C como máxima. Estos rangos fueron utilizados para delimitar la zona de confort térmico anual, mensual y horario y definir estrategias de diseño puntuales en cuanto a calentamiento y enfriamiento.

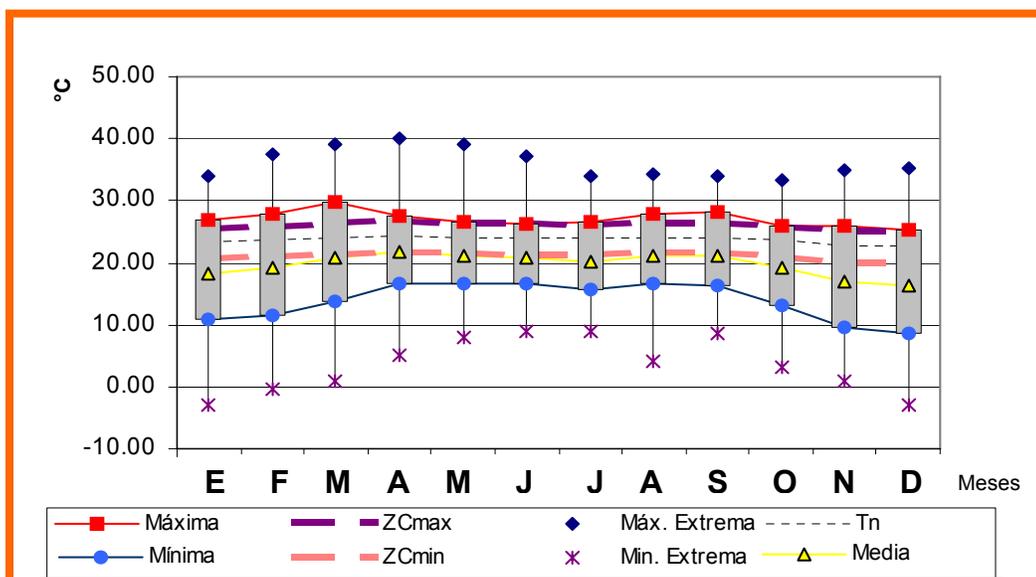


Figura 15. Gráfica de temperatura media, máxima, mínima, máxima extrema, mínima extrema y neutra con su relación con la zona de confort térmico.

En la figura 15, se observa que las temperaturas máximas de los meses de octubre, noviembre y diciembre se localizan dentro del límite máximo de la zona de confort (ZCmax); en tanto, para los meses de mayo, junio y julio la diferencia es solo de 0.4, 0.2 y 0.5° C respectivamente con respecto al límite máximo (ZCmax) y para el resto de los meses las temperaturas están muy arriba de esta zona. Las temperaturas mínimas se encuentran por debajo de la zona de confort mínima (ZCmin) en todos los meses del año, teniendo en el mes de diciembre una diferencia de 12.7° C por debajo del límite mínimo de confort.

Para las temperaturas medias mensuales solo el mes de abril alcanza el límite mínimo de confort; los meses de mayo, agosto y septiembre reportan una diferencia por debajo de la zona de 0.1° C, y para el resto de los meses las temperaturas esta más alejadas del límite mínimo. Además, se observa que la ubicación de las temperaturas máximas extremas y mínimas extremas sobrepasan en gran medida los límites máximos y mínimos de la zona de confort térmico. Con esta información se puede considerar que los requerimientos de enfriamiento son necesarios para todos los meses del año al igual que el calentamiento, en los horarios definidos por la tabla 2.

5.2.1.3. Temperatura Horaria

Conocer las horas de sobrecalentamiento y de enfriamiento contribuirá a tomar las decisiones más adecuadas en cuanto a las características formales y funcionales del espacio a diseñar, esto al relacionarlas con los horarios de uso del inmueble. Las temperaturas horarias (tabla 2), muestran que en los meses de enero a marzo y de junio a octubre entre las 21:00 y 11:00 horas en promedio (color azul), las temperaturas se encuentran fuera del límite mínimo de confort; para abril y mayo la zona fría se reduce a las 10:00 horas y en noviembre y diciembre aumenta hasta la 12:00 horas.

Tabla 2. Temperaturas horarias. El color azul indica que temperaturas están por debajo de la mínima de confort, el color blanco las temperaturas dentro de la zona de confort de 21.2 a 26.2 ° C y el color amarillo que temperaturas están sobre la zona de confort máxima.

TEMPERATURA °C																								PROM	
HRS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		24
ENE	13.8	12.8	12.0	11.4	11.0	10.9	11.2	12.2	13.7	15.6	18.4	21.8	24.6	26.4	27.0	26.8	26.1	25.0	23.6	21.8	19.8	17.7	16.0	14.8	18.1
FEB	15.0	13.8	12.9	12.2	11.7	11.6	12.0	13.2	15.0	17.1	20.0	23.1	25.6	27.2	27.8	27.6	27.0	26.0	24.7	23.1	21.3	19.3	17.6	16.2	19.2
MAR	16.5	15.6	14.9	14.4	14.0	13.9	14.2	15.1	16.5	18.2	21.0	24.5	27.4	29.2	29.9	29.7	29.0	27.8	26.3	24.5	22.5	20.3	18.6	17.5	20.9
ABR	18.8	18.0	17.4	17.0	16.7	16.6	16.9	17.6	18.7	20.2	22.1	24.3	26.1	27.3	27.7	27.6	27.1	26.4	25.5	24.3	23.0	21.6	20.5	19.6	21.7
MAY	18.4	17.8	17.2	16.8	16.6	16.5	16.7	17.4	18.4	19.6	21.4	23.4	25.1	26.2	26.6	26.5	26.1	25.4	24.5	23.5	22.3	21.0	19.9	19.1	21.1
JUN	18.2	17.6	17.2	16.8	16.6	16.5	16.7	17.3	18.2	19.3	21.0	23.2	24.9	26.0	26.4	26.3	25.8	25.2	24.3	23.2	21.9	20.6	19.6	18.9	20.9
JUL	17.1	16.6	16.3	16.0	15.9	15.8	16.0	16.4	17.1	17.9	19.8	22.5	24.7	26.2	26.7	26.5	26.0	25.1	23.9	22.5	20.9	19.2	18.1	17.6	20.2
AGO	17.9	17.5	17.2	16.9	16.8	16.7	16.8	17.3	17.9	18.6	20.6	23.4	25.8	27.3	27.8	27.6	27.0	26.1	24.9	23.4	21.8	20.0	18.8	18.3	21.1
SEP	17.7	17.2	16.8	16.5	16.3	16.2	16.4	16.9	17.7	18.6	20.7	23.7	26.1	27.7	28.2	28.0	27.4	26.5	25.2	23.7	22.0	20.1	18.9	18.2	21.1
OCT	15.8	14.9	14.1	13.5	13.1	13.0	13.3	14.3	15.8	17.7	19.9	22.3	24.3	25.6	26.0	25.8	25.4	24.6	23.6	22.3	20.9	19.4	18.1	16.9	19.2
NOV	12.4	11.5	10.7	10.1	9.7	9.6	9.9	10.9	12.4	14.2	17.0	20.5	23.3	25.2	25.8	25.6	24.9	23.8	22.3	20.5	18.5	16.3	14.6	13.5	16.8
DIC	12.1	10.9	9.9	9.1	8.7	8.5	8.9	10.2	12.0	14.4	17.3	20.4	23.0	24.6	25.2	25.0	24.4	23.4	22.0	20.4	18.6	16.6	14.9	13.4	16.4
	16.1	15.3	14.7	14.2	13.9	13.8	14.1	14.9	16.1	17.6	19.9	22.8	25.1	26.6	27.1	26.9	26.3	25.4	24.2	22.8	21.1	19.3	18.0	17.0	19.7

Con respecto a las horas de mayor temperatura o sobrecalentamiento (color amarillo) éstas se presentan en los horarios de las 14:00 a las 17:00 horas en promedio, fenómeno que no se produce en octubre, noviembre y diciembre en donde las temperaturas de estos horarios están dentro de la zona de confort térmico (color Blanco). Con base en estos resultados se definen específicamente las estrategias de diseño bioclimático aplicables al diseño arquitectónico en cuanto a requerimientos de ventilación y calentamiento pasivos. Los horarios en los que se necesitará forzosamente ventilación son de las 14:00 a las 18:00 horas y opcional de las 12:00 a 14:00 y de 18:00 a 21:00. Las necesidades de calentamiento corresponden a los horarios de 21:00 a 11:00 horas.

5.2.2. Humedad relativa

5.2.2.1. Humedad relativa Media.

En la tabla 3, se presentan los valores promedio de humedad relativa de Oaxaca de Juárez, tanto los mínimos (HRm) como los máximos (HRM) que sirvieron para realizar un análisis comparativo de relaciones con los demás parámetros.

Tabla 3. Promedio de los porcentajes de humedad relativa máxima y mínimas para la ciudad de Oaxaca.

MES	HRM %	HRm %	Media %
Enero	90	47	68
Febrero	85	41	63
Marzo	80	43	61
Abril	81	35	58
Mayo	85	50	67
Junio	89	63	76
Julio	86	50	68
Agosto	95	49	72
Septiembre	93	49	71
Octubre	88	57	72
Noviembre	95	42	68
Diciembre	93	42	67
ANUAL	88	47	68

Se observa que los valores de humedad relativa máxima corresponden a los meses de noviembre y agosto con el 95%; la humedad mínima, se presentó en el mes de abril con un 35 % de humedad, y la humedad media anual es de 68%, la cual se encuentra en el rango de confort higrométrico, ya que Fuentes (2004a) establece un rango de 30% como límite mínimo y 70% como máximo. Después de analizar los resultados, se encontró que no se requiere de aplicar estrategias de diseño en cuanto a requerimientos de humidificación y deshumidificación.

En la figura 16, se observa que la humedad relativa mínima en todos los meses del año se encuentra dentro de la zona de confort, las humedades máximas rebasan el límite máximo de la zona de confort higrométrico (Z_{cmax}) para todo el año. La humedad media mensual sobrepasa a Z_{cmax} en los meses de junio, agosto septiembre y octubre por 6, 2, 1, 2% respectivamente. Aunque la zona de confort es rebasada ampliamente en algunos meses, la implementación de ventilación participará en la obtención del confort higrométrico sin implementar alguna otra estrategia; esto debido a que las renovaciones de aire participan en la pérdida de calor al interior del edificio, provocando que la sensación de disconfort por la relación temperatura alta y humedad relativa alta no se den a causa de la disminución de la temperatura y el efecto del viento en el cuerpo humano que contribuye a la evaporación del sudor.

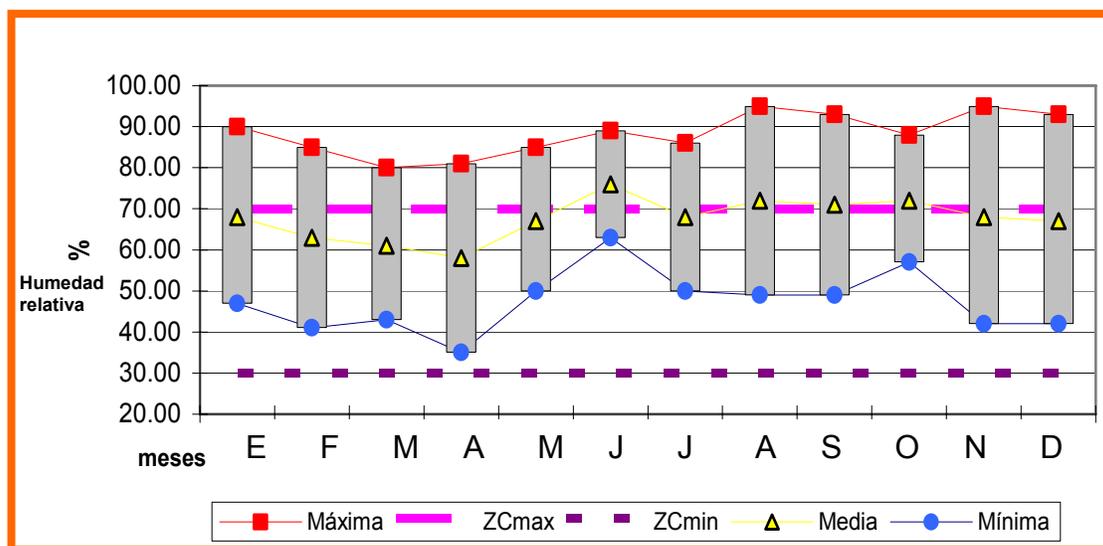


Figura 16. Zona de confort de humedad, humedades media, máxima y mínima.

5.2.2.2. Humedad Relativa Horaria

En la tabla 4 se observa que para todos los meses del año en el horario de 11:00 a 22:00 horas promedio (color blanco) se está dentro de la zona de confort higrométrico. El horario que está fuera de este rango abarca de las 23:00 a 10:00 horas (color azul).

Tabla 4. Humedad relativa horarias. El color blanco indica que humedades relativas están dentro de la zona de confort, el color azul indica humedades relativas sobre la zona de confort máxima.

HRS	HUMEDAD RELATIVA %																								PROM
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
ENE	79	83	86	88	90	90	89	85	79	72	65	58	52	48	47	47	49	51	54	58	62	66	71	75	68
FEB	74	78	81	83	85	85	84	80	74	67	59	52	46	42	41	41	43	45	48	52	56	61	65	70	63
Mar	71	74	76	78	80	80	79	76	71	65	58	52	47	44	43	43	45	47	49	52	56	60	63	67	61
ABR	69	73	77	79	80	81	80	76	70	62	54	47	40	36	35	36	37	39	43	46	51	56	60	65	58
May	76	79	82	83	85	85	84	81	76	71	64	59	54	51	50	50	52	53	56	59	62	66	69	73	67
JUN	82	85	87	88	89	89	88	86	83	78	74	70	66	64	63	63	64	65	67	69	72	75	77	80	76
JUL	77	80	83	84	86	86	85	82	77	71	65	59	54	51	50	50	52	53	56	59	62	66	70	74	68
AGO	83	87	91	93	94	95	94	90	84	76	68	61	54	50	49	50	51	53	57	60	65	70	74	79	72
SEP	82	86	89	91	93	93	92	88	82	75	67	60	54	50	49	49	51	53	56	60	64	69	73	78	71
OCT	80	83	85	87	88	88	87	84	80	75	70	65	61	58	57	57	58	60	62	65	68	71	74	77	72
NOV	82	86	90	93	94	95	93	89	82	73	64	55	48	44	42	43	44	47	51	55	60	66	71	77	68
DIC	80	85	88	91	92	93	91	87	80	72	63	55	48	44	42	43	44	47	50	55	60	65	70	75	67
ANUA	78	82	84	87	88	88	87	84	78	71	64	58	52	49	47	48	49	51	54	58	61	66	70	74	68

También en la tabla 4 se observa que para febrero y marzo la zona de confort es más amplia contando con una hora más por la mañana y una más por la noche; para abril comienza a las 9:00 hrs. y para junio será a partir de las 11:00 hrs., las humedades mínimas dentro del rango de confort se encuentran entre las 12:00 y 16:00 hrs. Las humedades más elevadas se reportan en el horario 5:00 a 10:00 horas y están relacionadas con las temperaturas bajo la zona de confort térmico mínimo, en esos mismos horarios, por lo tanto no causará sensaciones de disconfort drásticas como por ejemplo sofocamiento.

5.2.3. Precipitación Pluvial

En la tabla 5 se muestran los datos referentes a la precipitación pluvial de la ciudad de Oaxaca y su zona conurbada, en la que se observa que de acuerdo a la precipitación media, septiembre es el mes con mayor índice de lluvia con 134.07 mm,

la máxima registrada es para el mes de junio con una cantidad de 279.70 mm y la cantidad mínima es de 0.00 mm para los meses de enero a abril, noviembre y diciembre; mientras que la cantidad máxima de precipitación en 24 horas corresponde al mes de septiembre con 83.2 mm.

Tabla 5. Promedio de precipitación pluvial media, máxima, mínima y máxima en 24 hrs. en la ciudad de Oaxaca.

PRECIPITACION		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MEDIA	mm	1.94	5.42	16.39	46.21	75.64	133.55	84.43	92.89	134.07	51.34	10.39	5.07	54.78
MAXIMA	mm	10.20	28.80	48.30	183.90	214.30	279.70	120.20	198.00	257.70	116.30	42.80	28.70	279.7
MAXIMA EN 24 HRS.	mm	10.70	28.80	47.70	81.70	57.90	45.50	38.90	77.30	83.20	7.60	20.10	21.70	83.20
MINIMA	mm	0.0	0.00	0.00	0.00	1.00	47.00	30.30	40.10	32.80	7.60	0.00	0.00	0.00

La precipitación total anual es de 657.33 mm, la cual se calcula sumando la precipitación media de todos los meses, y según Fuentes (2004, p. 157) determinará los requisitos de humidificación o deshumidificación de acuerdo a los siguientes rangos:

- Menor de 650 mm de precipitación, requerimientos de humedad.
- Entre 650 y 1000 mm se encuentra dentro de zona de confort hídrico.
- Mayor de 1000 mm requiere deshumidificación.

La precipitación define una matriz con nueve zonas o agrupaciones (tabla 6), en la que se observa que de acuerdo a la temperatura media del mes más caluroso del año (abril con 21.7° C), relacionada con la precipitación total anual (657.33 mm), la localidad de Oaxaca de Juárez se encuentra en confort higrométrico y térmico; considerando esta misma relación define un clima templado para la zona de estudio.

Tabla 6. Matriz de zonas y requerimientos térmicos e higrométricos (Fuentes, 2004, p. 158)

Temperatura	Zonas		
> 26° C	Cálido seco	Cálido	Cálido húmedo
21° a 26° C	Templado seco	Templado	Templado húmedo
< 21° C	Semi-frío seco	Semi-frío seco	Semi-frío húmedo

Temperatura	Requerimientos		
> 26° C	Localidades con requerimientos de enfriamiento y humidificación	Localidades con requerimientos de enfriamiento	Localidades con requerimientos de enfriamiento y deshumidificación
21° a 26° C	Localidades con requerimientos de humidificación	Localidades en Confort térmico e hídrico	Localidades con requerimientos de deshumidificación
< 21° C	Localidades con requerimientos de calentamiento y humidificación	Localidades con requerimientos de calentamiento	Localidades con requerimientos de calentamiento y deshumidificación
Precipitación pluvial	< 650 mm	650 a 1000 mm	> 1000 mm

En la figura 17 se muestran las épocas de estiaje (épocas con poca lluvia) para la zona de estudio que corresponden a los meses de enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre, siendo septiembre el mes con mayor cantidad de precipitación pluvial.

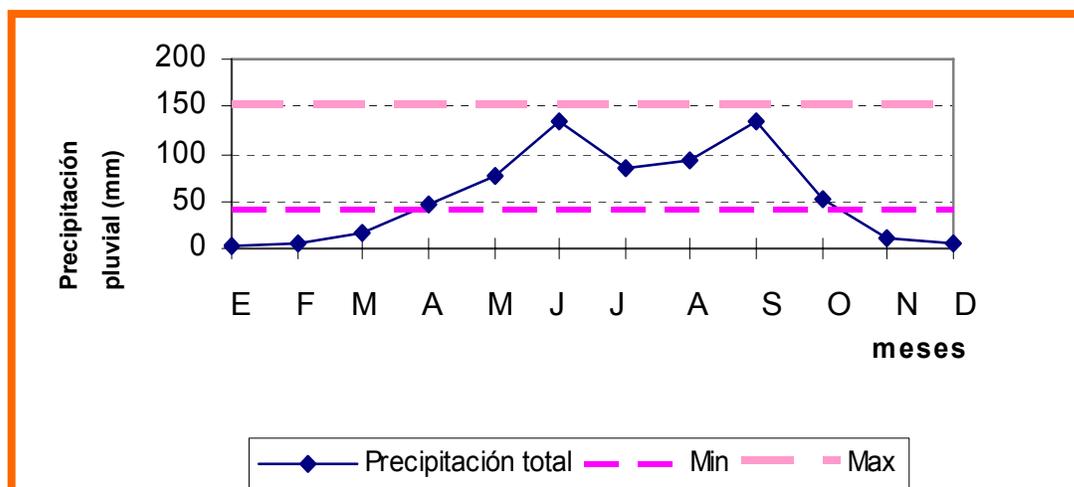


Figura 17. Precipitación Pluvial total con respecto a las mínimas y máximas de caracterización del clima.

De acuerdo con Köppen-García, citado por Fuentes (2002), la zona hídrica que se utiliza para definir el tipo de clima se localiza entre 150 mm como límite máximo y 40 mm como mínimo y delimitan en este caso si éste es templado,

templado húmedo o templado seco; Con base en lo anterior se considera que el clima de la zona de estudio se cataloga como templado, debido que el porcentaje de estado de estiaje en el año es menor con respecto al estado de confort hídrico marcado por Köppen-Garcia.

5.2.4. Viento

5.2.4.1. Viento Medio

Los vientos dominantes son aire superficial que al moverse desde la zona de calmas ecuatoriales hasta la banda ecuatorial de presiones bajas, constituye los vientos alisios, dominantes en las latitudes menores. La tabla 7 muestra la dirección de los vientos dominantes durante el año, siendo la Noroeste (NE) la predominante, con una velocidad promedio de 1.2 m/s, pero en el mes de septiembre la dirección dominante es la Suroeste (SW); por otro lado, en los meses de febrero y marzo es cuando se producen las velocidades mas altas con 2.7 m/s y 3.0 respectivamente. Por lo tanto para favorecer la ventilación, el emplazamiento de las edificaciones deberá contar con vanos orientados hacia el Norte principalmente para facilitar la ventilación.

Tabla 7. Direcciones, velocidades media y máxima de vientos dominantes en la ciudad de Oaxaca.

VIENTO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
DIRECCION DOMINANTE		NE	NNE	NE	NE	N	NE	NE	N	SW	NE	NE	NE	NE
VELOCIDAD MEDIA	m/s	1.4	1.2	1.5	1.3	1.1	1.0	1.3	1.1	1.0	1.4	1.2	1.1	1.2
VELOCIDAD MAXIMA	m/s	1.8	2.7	3.0	2.4	2.4	2.3	2.6	1.8	2.2	1.9	2.1	2.0	3.0

También en la tabla 7 se puede analizar la variabilidad de la intensidad de la velocidad en el año ubicando a febrero, marzo y julio como los meses en donde las velocidades son mas altas, para resto de los meses las velocidades máximas se encuentran dentro de 2.5 y 1.8 m/s, que en condiciones muy cálidas es una estrategia fundamental para la ventilación. Además, se observa que la velocidad media del viento de la ciudad se encuentra en el límite máximo para ventilar y

realizar actividades interiores, que abarca de 0.5 a 1.5 m/s para temperaturas confortables a cálidas de acuerdo a Evans (1957) citado por Fuentes (2002a).

5.2.4.2. Vientos Dominantes horarios

La tabla 8 muestra la relación entre la dirección de vientos dominantes horarios y la zona de confort térmico, esta superposición ayuda en la realización de la orientación del edificio y la ubicación de sus vanos de ventilación. Debido a que se conocen las direcciones del viento en las horas críticas de sobrecalentamiento (14:00 a 17:00 horas), se recomienda tener vanos de ventilación con orientación Sur.

Tabla 8. Dirección de vientos dominantes horarios con la superposición de la zona de confort térmico.

VIENTOS HORARIOS DOMINANTES																								
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	NNE	N	NE	NE	NNE	NNE	NE	NNE	NNW	NE	NE	N	NW	NNW	WSW	SSW	SSW	SE	WSW	SSW	WSW	WSW	SE	
Febrero	N	NNE	NNE	NE	NNE	NNE	NE	NNE	NE	SW	SSW	SW	SE	SSE	SSW	SW	SSW	SSE	NW	NW	NW	SSE	N	NE
Marzo	NNE	NE	NNE	NE	NNE	NNE	NE	NE	NE	NE	N	SSW	S	SSW	S	S	ESE	ENE	ENE	ENE	WNW	N	NNE	NNE
Abril	N	NW	N	NNE	NE	N	NE	NE	NE	NE	SW	SSW	SW	SSW	NNE	NNE	WNW	N	NNE	SW	SSW	SSW	NW	NNE
Mayo	N	N	N	N	N	N	NE	NE	NNE	ENE	NNW	ENE	SW	WSW	N	SW	SSE	SSW	SSE	E	W	SW	SW	SE
Junio	NE	NNE	NNE	NE	NE	ESE	NE	NE	NE	NE	NE	SW	NW	ESE	SSE	S	SSW	E	E	SSE	SW	SW	WNW	N
Julio	NNE	NNE	WNW	E	ENE	NNE	NE	NE	NE	NE	NE	SE	NNW	WSW	S	ENE	E	ESE	E	ESE	NE	NE	E	NNE
Agosto	SSW	E	NNE	NE	N	NE	N	N	N	N	SW	SE	S	SSW	ESE	N	N	ESE	ESE	NE	N	N	NE	N
Septiembre	N	N	SSW	SSW	N	N	NE	SW	NE	SW	SW	SW	S	SSW	SW	S	S	SSW	S	SSW	SSE	SW	SW	S
Octubre	NNE	NE	NNE	NNE	NNE	NE	N	NE	NE	NE	NE	NE	WSW	SW	SW	SW	N	N	E	W	W	NE	N	E
Noviembre	NE	NE	NNE	NNE	NNE	NE	NNE	N	NNE	S	SSE	SE	NE	SSW	SSE	ENE	NE	NE	NE	N	N	WSW	NE	NE
Diciembre	NE	NE	NE	NE	NNE	NE	N	N	NE	NE	SW	W	SE	S	S	SSE	SSE	SSW	E	E	N	N	NNE	NNE

Utilizando la superposición de las temperaturas horarias con relación a la velocidad del viento horario se construyó la tabla 9.

Tabla 9. Velocidad de vientos dominantes horarios con la superposición de la zona de confort térmico.

VELOCIDAD DE VIENTO HORARIO																								
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	1.06	1.28	1.18	1.12	1.08	1.50	1.60	1.61	1.53	1.27	1.30	1.08	1.08	1.15	1.08	1.15	1.07	1.61	1.16	1.01	1.04	0.67	0.60	0.47
Febrero	0.86	0.86	0.86	1.36	1.58	1.68	1.73	1.43	1.65	1.58	1.70	1.62	2.28	2.58	2.56	2.38	2.76	2.68	2.02	1.72	1.63	0.93	1.28	1.35
Marzo	0.95	0.95	1.01	0.96	0.89	1.25	2.66	2.43	2.18	2.13	2.28	3.20	2.59	2.93	3.24	3.35	3.73	3.78	3.17	2.13	1.67	1.66	1.11	1.44
Abril	1.13	0.93	1.23	1.1	0.99	1.36	1.54	1.44	2.16	1.44	1.39	1.20	1.45	1.18	1.22	1.45	1.87	2.59	2.52	1.45	0.88	0.57	0.60	0.53
Mayo	1	1.12	1.28	0.97	1.03	1.08	1.15	1.25	1.13	1.47	1.13	1.73	1.57	1.47	1.85	1.68	3.12	2.92	1.90	1.73	2.08	1.58	0.98	0.98
Junio	0.7	0.725	0.738	0.74	0.74	0.59	1.33	1.11	1.38	1.05	1.23	1.40	1.48	1.48	2.37	2.84	2.79	2.56	1.69	1.19	1.11	1.00	0.90	0.78
Julio	0.78	0.68	0.9	1	1.14	1.13	1.25	1.76	1.75	1.65	1.35	1.23	1.21	1.21	1.34	2.17	2.56	1.44	1.31	1.14	1.01	0.89	0.79	0.89
Agosto	0.78	0.68	0.56	0.46	0.46	0.72	1.49	1.40	1.56	1.81	1.70	1.83	1.86	5.00	1.85	2.23	1.79	2.00	1.18	0.82	0.88	0.86	0.70	0.72
Septiembre	0.63	0.59	0.54	0.62	0.74	0.78	1.56	1.75	1.90	2.40	1.55	1.74	2.67	2.12	2.42	2.63	3.15	1.90	1.08	0.88	0.67	0.49	0.72	0.67
Octubre	1.17	1.29	1.19	1.27	1.39	1.58	1.65	1.75	1.94	1.88	2.05	2.18	2.14	2.04	1.91	2.48	2.43	2.63	1.80	1.26	0.76	0.63	0.70	0.79
Noviembre	0.64	0.63	0.73	0.86	0.89	1.01	1.60	1.56	1.51	1.53	1.97	2.36	2.11	2.27	2.70	2.56	2.33	2.11	1.23	1.23	1.10	0.98	0.97	0.70
Diciembre	1.2	1.33	1.48	1.58	1.55	1.30	1.30	1.29	1.36	1.14	1.36	1.53	1.65	1.40	1.16	1.20	1.05	1.16	1.03	0.83	0.83	0.63	0.63	0.55

En la cual se observa que en las horas con requerimientos de enfriamiento las velocidades son adecuadas para poder ventilar pasivamente durante todo el año; el valor de la velocidad de viento óptima para ventilar interiormente es de 1.0 m/s y como máxima 1.5 m/s (Evans, 1957).

Como resultado de este análisis, se tiene que la orientación ideal para ventilar es la Norte-Sur debido a la procedencia de los vientos dominantes; sin embargo, se debe considerar el sellado hermético de las ventanas para evitar filtraciones que produzcan pérdidas térmicas en los meses fríos.

Finalmente se elaboró la rosa de viento anual para la ciudad de Oaxaca y zona conurbana (figura 18), la rosa de viento es de gran utilidad para orientar de forma correcta los vanos y de esta forma propiciar la ventilación cruzada, tomando en cuenta el tipo de proyecto a elaborar. Se graficó una para cada mes (ver anexo 3) y una anual, en ésta última se observa que la dirección del viento dominante es el Noreste (NE) con una frecuencia de repeticiones de 299, corroborando lo mostrado en la tabla 7.

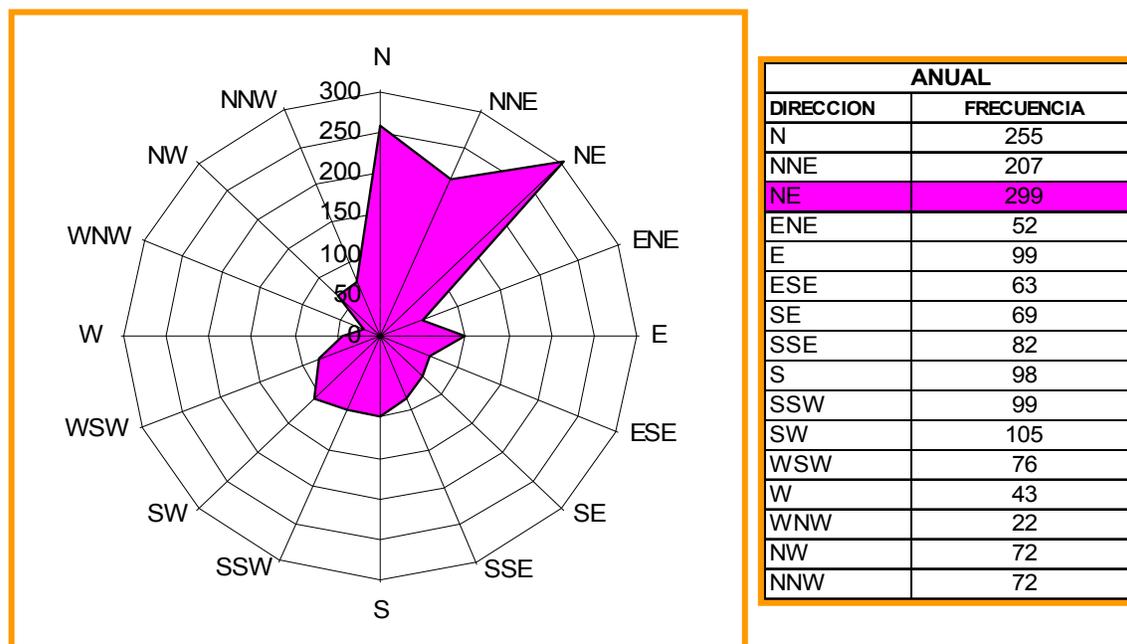


Figura 18. Rosa de los vientos anual y frecuencia y dirección de vientos dominantes horarios

5.2.5. Resumen del análisis de los datos climatológicos

Después de realizar el análisis paramétrico, las estrategias de diseño bioclimático sugeridas son: calentamiento por las mañanas y noches en los horarios de 21:00 a 11:00 horas en promedio y enfriamiento necesario en los horarios de 14:00 a 18:00 horas. En lo referente a la humedad relativa no es necesario aplicar estrategias de deshumidificación o humidificación.

La zona está en confort hídrico debido a que se encuentra entre los rangos de 650-1000 mm de lluvia. Fuentes (2002a) define, que de acuerdo a la cantidad de precipitación media total (657.33 mm) y a la temperatura media del mes más cálido (21.7), la zona de estudio se encuentra en un estado de confort higrométrico y térmico considerando un clima templado. Por otra parte, de acuerdo a Koopen-García (1964) citados por fuentes (2002a), utilizando la precipitación pluvial y temperatura, define al clima como templado, debido a su mayor estancia en confort hídrico.

En cuanto al viento, la dirección más favorable para ubicar los vanos de ventilación es la Norte-Noreste debido a su mayor incidencia, por lo tanto las ventanas deberán contar con un sello hermético para proteger de las infiltraciones y pérdidas térmicas en los meses fríos. Con relación al viento horario, la dirección dominante para las horas de sobre calentamiento, son Sur, Suroeste y Sursudoeste, por tal motivo colocar ventanas al Norte y Sur garantizará un ventilación cruzada efectiva; además, en la localidad se cuenta con la velocidad de viento adecuada para poder ventilar pasivamente.

5.3. Análisis de la relación entre parámetros

Los datos climatológicos y sus interrelaciones rigen las estrategias de diseño bioclimático que se obtienen a través métodos gráficos como el diagrama bioclimático, la carta psicrométrica, las tablas de Mahoney y los triángulos de confort.

5.3.1. Temperatura y humedad relativa (Diagrama bioclimático)

El diagrama bioclimático (Olgay, 1963), define las estrategias con base en la

relación temperatura y humedad relativa. En este estudio a fin de facilitar el análisis la información se dividió en trimestres, de acuerdo a las estaciones del año. Para conocer las horas de aplicación de las estrategias se tomó como base los resultados de la tabla 2 de temperaturas horarias. En la tabla 10 se observa el resumen de las temperaturas y humedades relativas máximas y mínimas extraídas de las tablas 2 y 4, en las cuales se muestra que en el horario de 6:00 horas las temperaturas son las mínimas registradas durante las 24 horas del día durante todos los meses del año, en tanto, para la humedad relativa en este mismo horario se observa su máximo valor, siendo éste el mas elevado del día. Este fenómeno también ocurre a las 15:00 horas pero de manera inversa, se registra la temperatura máxima con la humedad mínima; estos valores fueron graficados en el diagrama bioclimático relacionando la temperatura mínima con la humedad relativa máxima y viceversa.

Tabla 10. Resumen de temperaturas y humedades relativas máximas y mínimas de Oaxaca de Juárez

	Temperatura		Humedad	
	Mínima	Máxima	Máxima	Mínima
Hora	06:00	15:00	06:00	15:00
Enero	10.90	27.00	90.00	47.00
Febrero	11.60	27.80	85.00	41.00
Marzo	13.90	29.90	80.00	43.00
Abril	16.60	27.70	81.00	35.00
Mayo	16.50	26.60	85.00	50.00
Junio	16.50	26.40	89.00	63.00
Julio	15.80	26.70	86.00	50.00
Agosto	16.70	27.80	95.00	49.00
Septiembre	16.20	28.20	93.00	49.00
Octubre	13.00	26.00	88.00	57.00
Noviembre	9.60	25.80	95.00	42.00
Diciembre	8.50	25.20	93.00	42.00

5.3.1.1. Primavera

En el diagrama bioclimático de la figura 19 se graficaron los meses de primavera y por ser un método gráfico las líneas trazadas se dividen en 10 partes para obtener los porcentajes de confort y de aplicación de las estrategias.

Para marzo, el 31% de rango de temperaturas y humedades relativas se encuentran dentro de la zona de confort, mientras que el 44% indica que se requiere

calentamiento solar pasivo durante las mañanas de las 7:00 a las 11:00 horas, con requerimientos máximos del orden de 220 W/m^2 . Los requerimientos de ventilación son del 25% en los horarios de 13:00 a 19:00 horas, necesitando una velocidad del viento de 0.8 m/s como mínimo para ventilar pasivamente.

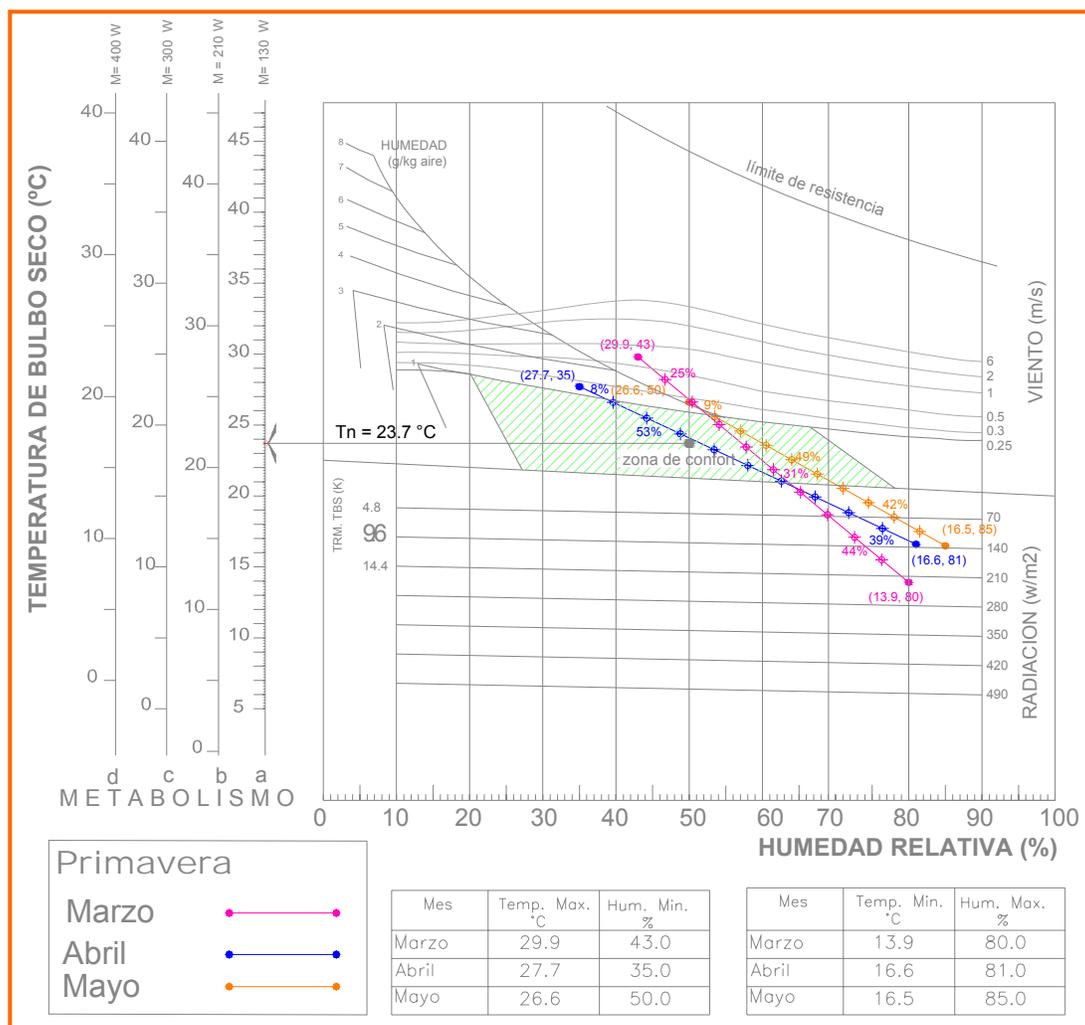


Figura 19. Diagrama bioclimático (primavera)

En abril el 53% de rango de temperaturas y humedades relativas se encuentran en confort, el 39% requiere calentamiento solar pasivo, en los horarios de 7:00 a 10:00 horas con requerimientos de 140 W/m^2 como máximo. En tanto la ventilación es necesaria en un 8%, en los horarios de 14:00 a 18:00 horas, requiriendo una velocidad de viento de 0.27 m/s .

Para mayo el 49% de rango de temperaturas y humedades relativas están dentro de la zona de confort, el 42% requiere calentamiento solar pasivo durante los horarios de 7:00 a 10:00 horas con un máximo de 140 W/m^2 . El 9% restante son requerimientos de ventilación en los horarios de 14:00 a 16:00 horas, necesitando una velocidad del viento de 0.28 m/s para ventilar pasivamente.

5.3.1.2. Verano

En el diagrama bioclimático de la figura 20 se grafican los meses de verano obteniendo los siguientes resultados:

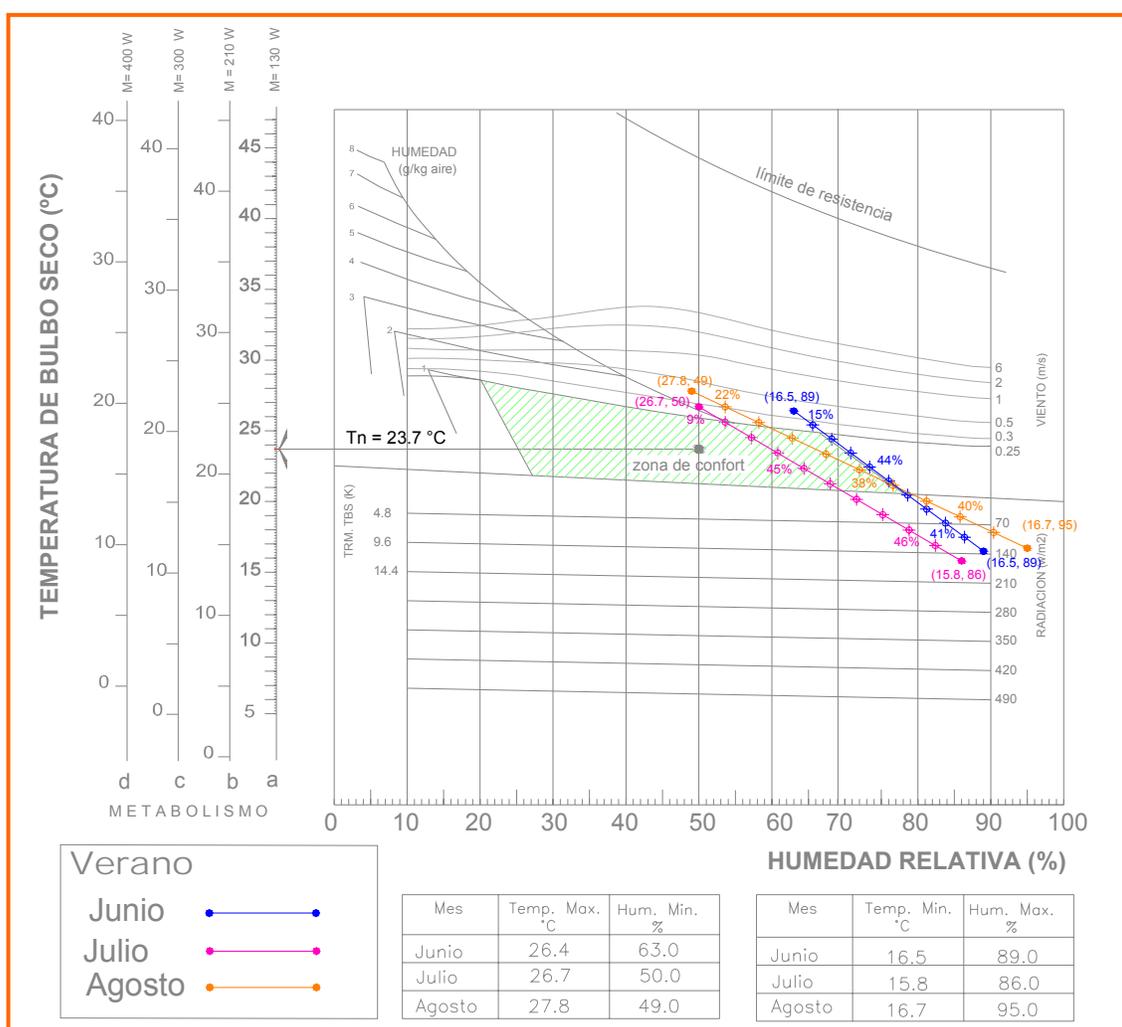


Figura 20. Diagrama bioclimático (verano)

Para junio, el 44% de rango de temperaturas y humedades relativas están fuera del límite inferior de la zona de confort, mientras que el 41% requiere

calentamiento solar pasivo en los horarios de 7:00 a 11:00 horas del orden de 139 W/m². El 15 % representa la estrategia de ventilación para las horas de 15:00 y 16:00 necesitando una velocidad de 0.4 m/s para ventilar pasivamente.

En julio, el 45% se encuentra dentro de la zona de confort, en tanto el 46% requiere de calentamiento solar pasivo de las 7:00 a 11:00 horas con un requerimiento de 160 W/m². La ventilación es solo necesaria en un 9% en las horas de 15:00 y 16:00, con una velocidad del viento de 0.29 m/s para ventilar pasivamente.

Para agosto el rango de temperaturas y humedades relativas se encuentran en confort en un 38%, la estrategia de calentamiento solar pasivo necesario en un 40% en los horarios de 7:00 a 11:00 horas con requerimientos de 110 W/m². El 22% representa la necesidad de ventilación en el horario de 14:00 a 17:00 horas con una velocidad del viento de 0.4 m/s para poder ventilar pasivamente.

5.3.1.3. Otoño

En el diagrama bioclimático de la figura 21 se grafican los meses de otoño obteniendo los siguientes resultados:

En septiembre el rango de temperaturas y humedades relativas se encuentran en confort en un 38 %. La necesidad de calentamiento solar pasivo es del 37% en las horas de 7:00 a 11:00, con requerimientos máximos de 140 W/m². El 25% representa la necesidad de ventilación en los horarios de las 14:00 a 18:00 horas, con una velocidad del viento de 0.49 m/s para poder ventilar pasivamente.

En octubre el rango de temperaturas y humedades relativas se encuentran dentro de la zona de confort en un 35%. El 60% representa la necesidad de calentamiento solar pasivo en los horarios de 7:00 a 11:00 horas, con un requerimiento de 270 W/m². La ventilación solo es necesaria en un 5% en las horas de 15:00 y 16:00, con 0.26 m/s de velocidad de viento para lograr ventilar pasivamente.

Para noviembre el 29% del rango de temperaturas y humedades relativas se encuentran dentro de la zona de confort. La necesidad de calentamiento solar pasivo es del 71% de las 7:00 a 12:00 horas, con un requerimiento de 360 W/m². La ventilación no es requerida en este mes.

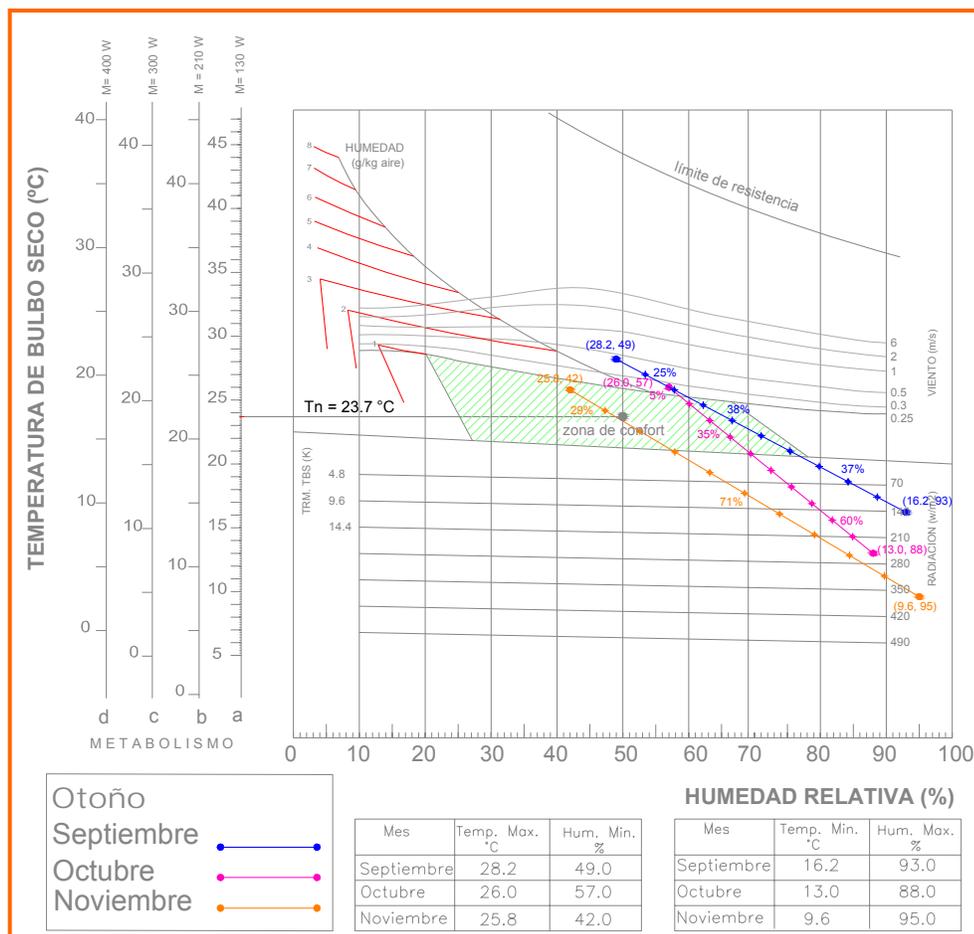


Figura 21. Diagrama bioclimático (otoño)

5.3.1.4. Invierno

En el diagrama bioclimático de la figura 22 se graficaron los meses de invierno obteniendo los siguientes resultados:

En diciembre el 23% del rango de temperaturas y humedades relativas se encuentran dentro de la zona de confort. La necesidad de calentamiento solar pasivo es del 77% en las horas de 7:00 a 12:00, con un requerimiento de 400 W/m². La ventilación no es requerida en este mes.

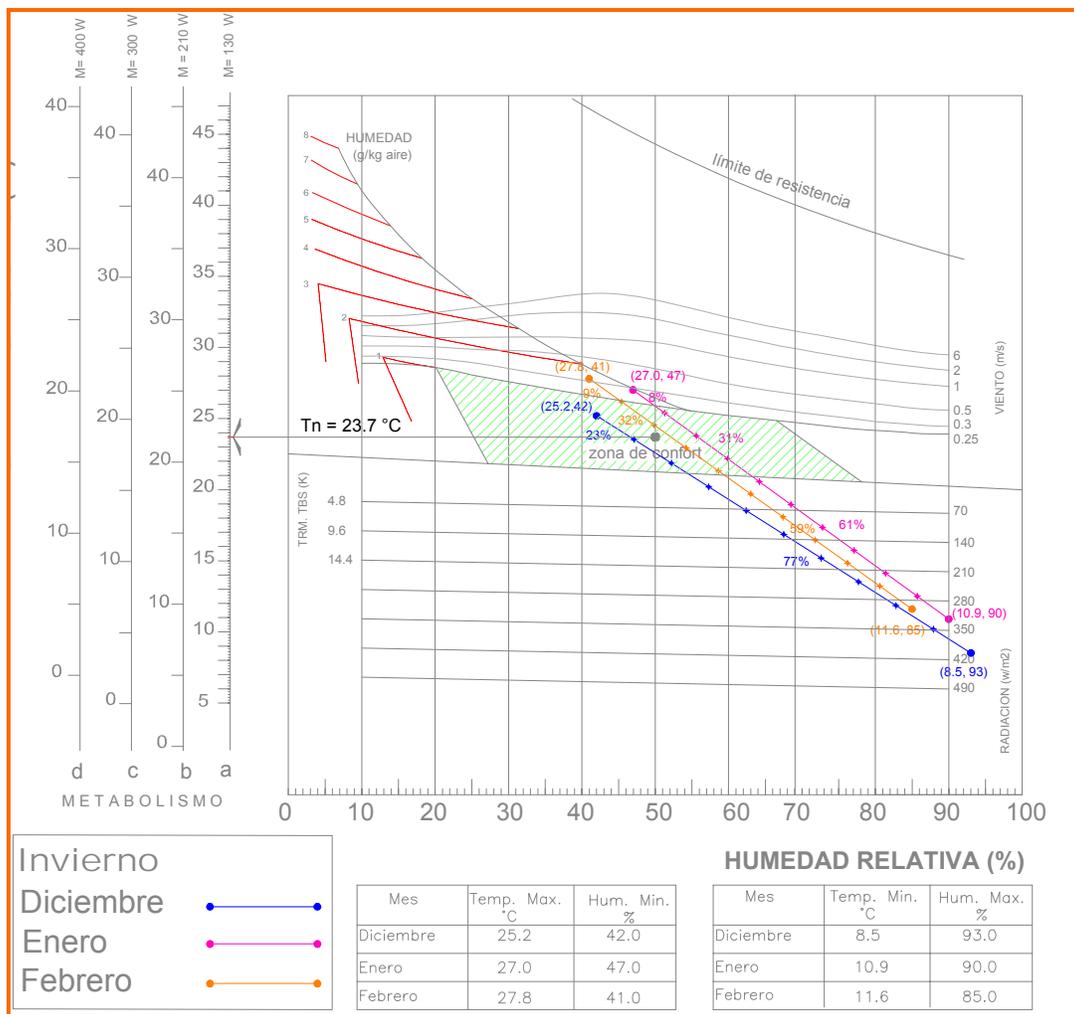


Figura 22. Diagrama bioclimático (invierno)

Enero cuenta con un 31 % del rango de temperaturas y humedades relativas dentro de la zona de confort. El 61% representa la necesidad de calentamiento solar pasivo en los horarios de 7:00 a 11:00 horas, con requerimientos de 330 W/m² máximo. El 8% requiere de ventilación de las 14:00 a 16:00 hora, con una velocidad del viento de 0.3 m/s para logra la ventilación por medios pasivos.

El 32% del rango de temperaturas y humedades relativas de febrero esta dentro del zona de confort. La necesidad de calentamiento solar pasivo es el 59% en las horas de 7:00 a 11:00, con requerimientos de 300 W/m². El 9% representa la necesidad de ventilación en los horarios de las 14:00 a 17:00 horas, con una velocidad de viento para ventilar pasivamente de 0.32 m/s.

5.3.2. Temperatura y humedad relativa (Carta psicrométrica)

Para el análisis de la carta psicrométrica (Givoni, 1981) el año se dividió en semestres debido a la utilización una zona de confort para primavera-verano y otra para otoño-invierno (ver anexo 2), pero con la finalidad de no saturar las gráficas el análisis se presenta trimestralmente. De la misma forma que el diagrama bioclimático se utilizaron las relaciones entre temperatura y humedad relativa de la tabla 10 para definir estrategias de climatización; como en el método anterior, las líneas graficadas se dividieron en 10 partes para obtener los porcentajes de confort y de aplicación de las estrategias. Finalmente para conocer las horas de aplicación de las estrategias se tomó como base los resultados de la tabla 2 de temperaturas horarias.

5.3.2.1 Semestre primavera-verano

En la figura 23 se observa la carta psicrométrica que utiliza la zona de confort para el semestre primavera-verano la cual incluye el análisis de los meses de marzo, abril y mayo, obteniendo los siguientes resultados:

Para marzo el 28% del rango de temperaturas y humedades relativas se encuentran dentro de la zona de confort. El 38% requiere calentamiento solar pasivo, durante los horarios de 7:00 a 11:00 horas. Los requerimientos de ventilación son el 34% en el horario de 13:00 a 19:00 horas.

En abril el rango de temperaturas y humedades relativas se encuentran en confort en un 45%, el 30% requiere calentamiento solar pasivo en los horarios de 7:00 a 10:00 horas. Los requerimientos de ventilación son del 25 % en los horarios de 14:00 a 18:00 horas.

Para mayo el 46% del rango de temperaturas y humedades relativas están dentro de la zona de confort, el 35% requiere calentamiento solar pasivo durante los horarios de 7:00 a 10:00 horas. El 19% restante son requerimientos de ventilación de 14:00 a 16:00 hrs.

En agosto el rango de temperaturas y humedades relativas se encuentran en confort en un 43%. Los requerimientos de calentamiento solar pasivo son del 30% en los horarios de 7:00 a 11:00 horas. El 27% representa la necesidad de ventilación para las 14:00 a las 17:00 horas.

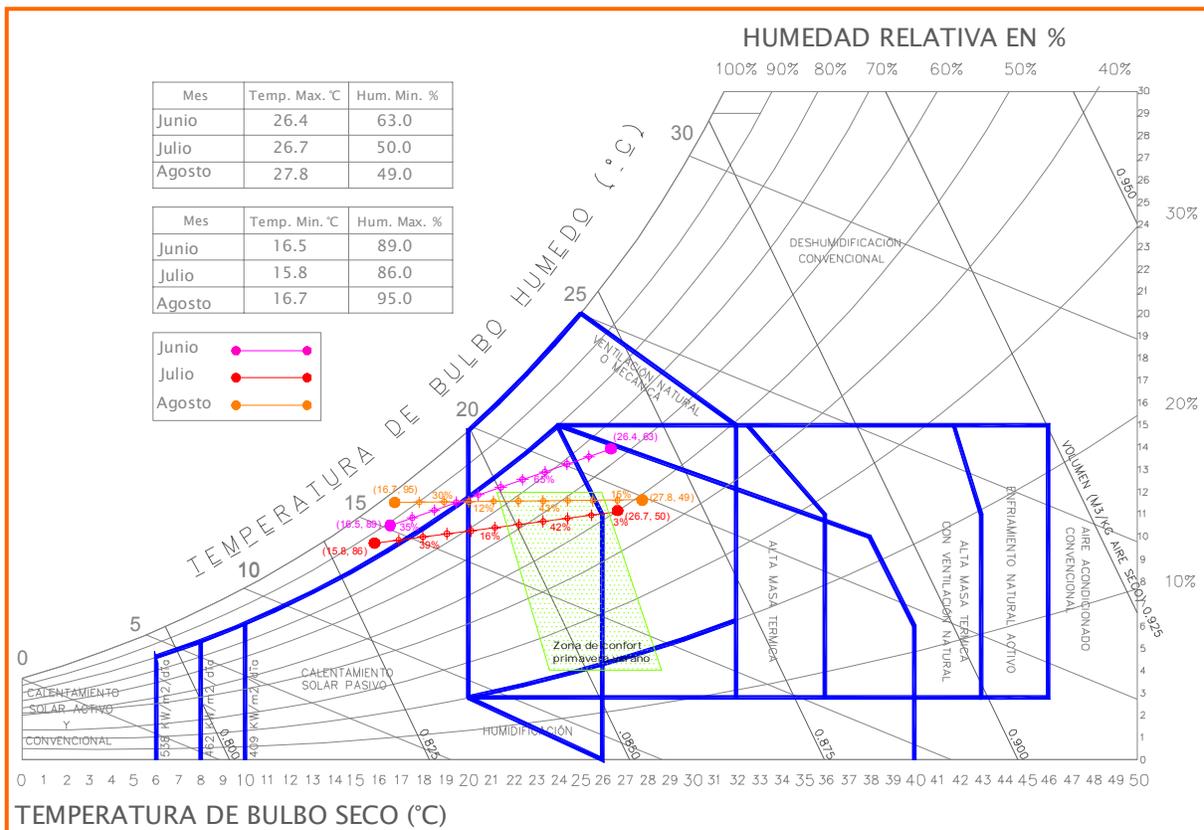


Figura 24. Carta psicrométrica utilizando la zona de confort primavera-verano (junio, julio y agosto).

5.3.2.2. Semestre otoño-invierno

En la figura 25 se observa la carta psicrométrica que utiliza la zona de confort para el semestre otoño-invierno la cual incluye el análisis de los meses de septiembre, octubre y noviembre, obteniendo los siguientes resultados:

Septiembre cuenta con un 37% del rango de temperaturas y humedades relativas dentro de la zona de confort. La necesidad de calentamiento solar pasivo es el 30% en el horario de 7:00 a 11:00 horas. El 33% representa los requerimientos de ventilación de las 14:00 a las 18:00 horas.

En octubre el rango de temperaturas y humedades relativas se encuentran en un 34% dentro de la zona de confort. Los requerimientos de calentamiento solar pasivo son del 50% de las 7:00 a las 11:00 horas, en tanto, la ventilación es necesaria en un 16% en los horarios de 15:00 a 16:00 horas.

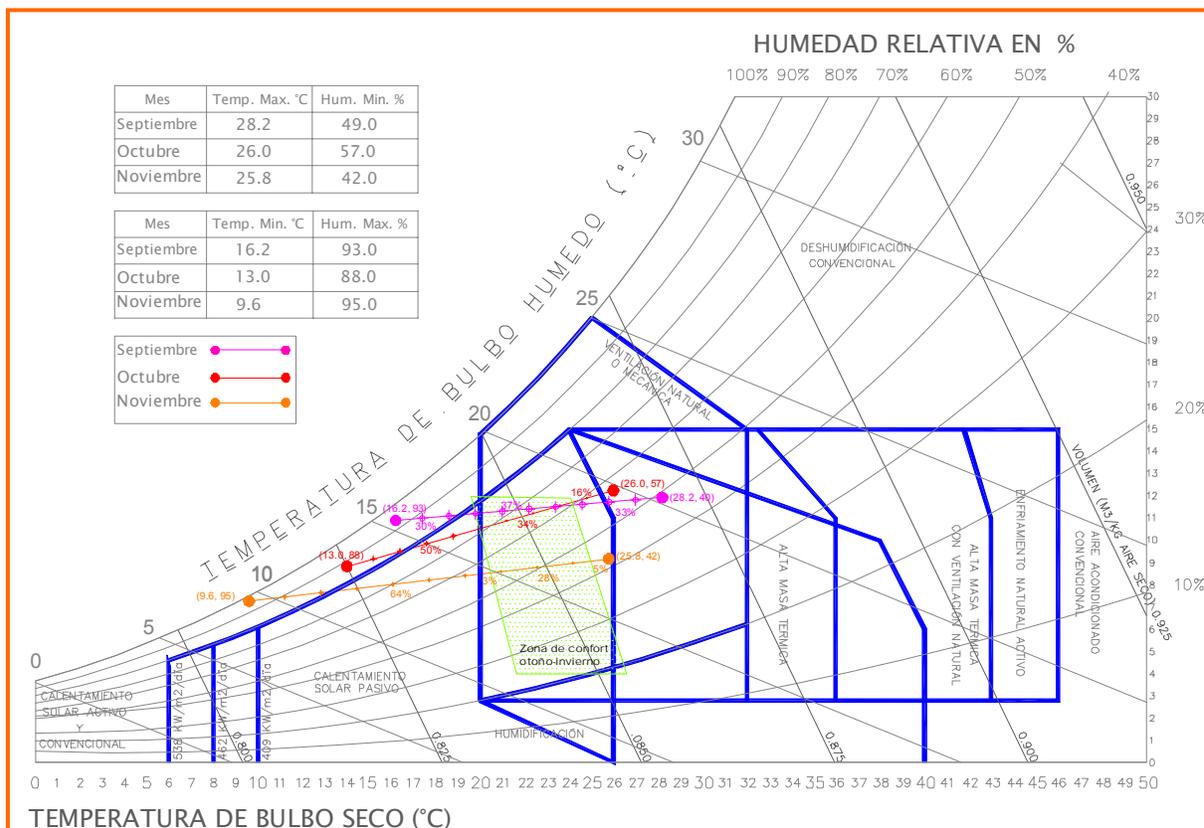


Figura 25. Carta psicrométrica utilizando la zona de confort otoño-invierno (septiembre, octubre y noviembre).

Para noviembre el 28% del rango de temperaturas y humedades relativas se encuentran dentro de la zona de confort. La necesidad de calentamiento solar pasivo es del 64% de las 7:00 a las 12:00 horas y los requerimientos de ventilación son del 8% en los horarios de 14:00 a 16:00 horas.

En la figura 26 se observa la carta psicrométrica que utiliza la zona de confort para el semestre otoño-invierno la cual incluye el análisis de los meses de diciembre, enero y febrero, obteniendo los siguientes resultados:

En diciembre el 28% del rango de temperaturas y humedades relativas se encuentran dentro de la zona de confort. Los requerimientos de calentamiento solar

pasivo son del 69% en los horarios de 7:00 a 12:00 horas. La necesidad de ventilar solo representa el 3% de las 15:00 a 16:00.

Enero cuenta con un 27% del rango de temperaturas y humedades relativas dentro de la zona de confort. La necesidad de calentamiento solar pasivo es del 57% en los horarios de 7:00 a 11:00 horas y el 16% representa la necesidad de ventilación de las 14:00 a las 16:00 horas.

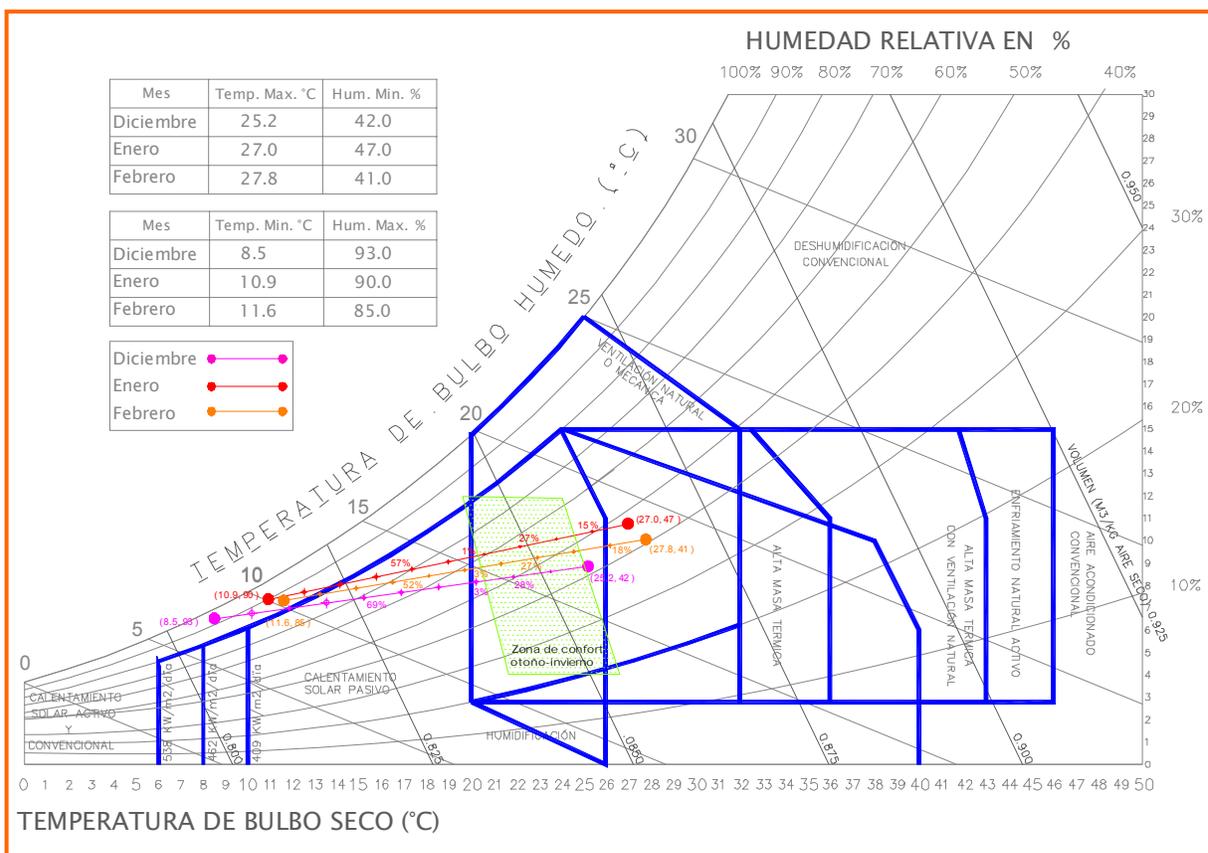


Figura 26. Carta psicrométrica utilizando la zona de confort otoño-invierno (diciembre, enero y febrero).

Finalmente el 27% del rango de temperaturas y humedades relativas de febrero están dentro de la zona de confort. La necesidad de calentamiento solar pasivo es del 52% en los horarios de 7:00 a 11:00 horas, mientras que, los requerimientos de ventilación son del 21% de las 14:00 a las 17:00 horas.

5.3.3. Temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial (Tablas de Mahoney)

Para evaluar la relación entre temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial mediante el uso de este método se utilizaron los datos climáticos de temperatura media, máxima y mínima; humedad relativa media y precipitación pluvial media de las tablas 1, 3 y 5 respectivamente. En la primera parte del análisis los datos fueron comparados con los de la tabla 11, en la cual Mahoney (1977) define zonas de confort térmico de acuerdo a la temperatura media mensual y grupos de humedad con respecto a los porcentajes de humedad relativa mensual.

Tabla 11. Límites de confort de temperatura y grupo de humedad según Mahoney.

LÍMITES DE CONFORT SEGÚN MAHONEY							
Grupo de Humedad		Temperatura media mensual					
		A		B		C	
		mayor a 20 °C		entre 15 y 20 °C		menor a 15 °C	
		día	noche	día	noche	día	noche
< 30%	1	26-33	17-25	23-31	14-23	21-30	12-21
30-50%	2	25-30	17-24	22-29	14-22	20-27	12-20
50-70%	3	23-28	17-23	21-27	14-21	19-26	12-19
> 70%	4	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

Comparados los datos climatológicos se obtuvieron los límites de confort térmico mensual para la ciudad de Oaxaca, con estos límites se elaboró parte la tabla de 12, y que se describen a continuación:

Para enero, febrero, marzo, abril, mayo, julio y noviembre la humedad relativa se encuentra entre el rango del 50 al 70% perteneciendo al grupo de humedad 3 y sus temperaturas medias están entre los rangos de 15° a 20° C (grupo B), teniendo que la zona de confort térmico diurno se encuentra entre los 21° C de límite inferior y 27° C de límite superior, mientras que, la zona de confort térmico nocturno es de 14° C de límite inferior y 21° C de límite superior.

Por otra parte, en junio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre el grupo de humedad es el 4, con un rango de humedad relativa mayor al 70%, teniendo que

sus temperaturas también se encuentran entre los rangos de 15° a 20° C (grupo B) pero pertenecen a otro grupo de humedad, la zona de confort térmico diurno para estos meses es de 20° C de límite inferior y 25° C de límite superior, y la zona de confort térmico nocturno se localiza entre los 14° C de límite inferior y 20° C de límite superior.

Tabla 12. Tablas de Mahoney, requerimientos térmicos diurnos y nocturnos

Tablas de Mahoney	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Grupo de humedad	3	3	3	3	3	4	3	4	4	4	3	4	
Confort diurno													
Rango superior	° C	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	25.0	27.0	25.0	25.0	27.0	25.0	
Rango inferior	° C	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	20.0	21.0	20.0	20.0	21.0	20.0	
Confort nocturno													
Rango superior	° C	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	20.0	21.0	20.0	20.0	21.0	20.0	
Rango inferior	° C	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	
Temperatura máxima	° C	27.0	27.8	29.9	27.7	26.6	26.4	26.7	27.8	28.2	26.0	25.8	25.2
Temperatura mínima	° C	10.9	11.6	13.9	16.6	16.5	16.5	15.8	16.7	16.2	13.0	9.6	8.5
Requerimiento térmico diurno		O	C	C	C	O	C	O	C	C	C	O	C
Requerimiento térmico nocturno		F	F	F	O	O	O	O	O	O	F	F	F

Simbología

O= Confort

F= Bajo la zona de confort

C= Sobre la zona de confort

En la segunda parte de la tabla 12 se ubicaron las temperaturas máximas y mínimas mensuales, las cuales se compararon con las zonas de confort térmico observando que en enero, mayo, julio y noviembre las temperaturas se encuentran en el rango de confort, mientras que el resto de los meses rebasan el límite superior de la zona, por lo tanto no existen requerimientos de calentamiento diurno, pero si de enfriamiento.

De acuerdo con la zona de confort térmico nocturno los meses que requerirán calentamiento nocturno son enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre; el resto de los meses se encuentran dentro de la zona de confort nocturno.

El análisis anterior se utilizó para elaborar la tabla 13 en la cual se muestran las seis principales estrategias de diseño bioclimático de Mahoney; en este caso de estudio, la ventilación es esencial en los meses de junio, agosto, septiembre, octubre y diciembre debido a que estos meses se encuentran en el grupo de humedad 4 y sus temperaturas máximas están sobre la zona de confort térmico.

La segunda estrategia es la utilización de la inercia térmica en los materiales de construcción para los meses de enero a mayo, julio y noviembre a causa de que pertenecen al grupo de humedad 3 y su oscilación térmica es mayor a 10° C, según lo requerido por Mahoney.

Tabla 13. Indicadores de Mahoney para estrategias de diseño bioclimático

INDICADORES DE MAHONEY		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Frecuencia
1. Ventilación esencial	H1						1		1	1	1		1	5
2. Ventilación deseable	H2													0
3. Protección contra lluvia	H3													0
4. Inercia Térmica	A1	1	1	1	1	1		1				1		7
5. Espacios exteriores nocturnos	A2													0
6. Protección contra el frío	A3													0

Las cuatro estrategias restantes no aplican a esta zona de estudio debido a que no se cumple con los requerimientos propuestos, por ejemplo: para la utilizar la estrategia de ventilación deseable, el mes debe tener un grupo de humedad 4 y estar en confort térmico diurno.

Finalmente, Mahoney propone recomendaciones en cuanto a diseño arquitectónico basado en las frecuencias de las estrategias de la tabla anterior. En la tabla 14 se observan los rangos de frecuencia que deben cumplir las 6 estrategias propuestas para realizar la recomendación de diseño.

Tabla 14. Rangos de frecuencia de los indicadores de Mahoney para las recomendaciones de diseño arquitectónico

	INDICADORES DE MAHONEY DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO						RECOMENDACIONES
	1	2	3	4	5	6	
Distribución				0-10			Orientación Norte-Sur (eje largo E-O)
				11-12		5-12	Concepto de patio compacto
Espaciamiento	11-12						Configuración extendida para ventilar
	2-10						igual a 3, pero con protección de vientos
	0-1						Configuración compacta
Ventilación	3-12						Habitaciones de una galería -
	1-2			0-5			Ventilación constante -
				6-12			Habitaciones en doble galería
	0	2-12					- Ventilación Temporal -
	0-1						Ventilación NO requerida
Tamaño de las Aberturas				0-1		0	Grandes 50 - 80 %
				2-5		1-12	Medianas 30 - 50 %
				6-10			Pequeñas 20 - 30 %
						0-3	Muy Pequeñas 10 - 20 %
				11-12		4-12	Medianas 30 - 50 %

Tabla 14 (continua). Rangos de frecuencia de los indicadores de Mahoney para las recomendaciones de diseño arquitectónico

Posición de las Aberturas	3-12						En muros N y S. a la altura de los ocupantes en barlovento
	1-2			0-5			(N y S), a la altura de los ocupantes en barlovento, con aberturas también en los muros
	0	2-12		6-12			
Protección de las Aberturas					0-2		Sombreado total y permanente
			2-12				Protección contra la lluvia
Muros y Pisos				0-2			Ligeros -Baja Capacidad-
				3-12			Masivos -Arriba de 8 h de retardo térmico
Techumbre	10-12			0-2			Ligeros, reflejantes, con cavidad
				3-12			Ligeros, bien aislados
	0-9			0-5			Masivos -Arriba de 8 h de retardo térmico
Espacios nocturnos exteriores					2-12		Espacios de uso nocturno al exterior
			3-12				Grandes drenajes pluviales

Con los datos anteriores se construyó la tabla 15 de la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Distribución: las edificaciones se deberán orientar con fachada Norte-Sur con el eje largo Este-Oeste, debido a que la frecuencia de la estrategia de inercia térmica cumple con los requerimientos de 0 a 10 repeticiones para validar esta recomendación.

Espaciamento: a causa de que la frecuencia de la estrategia de ventilación esencial se encuentra en el rango de 2-10 repeticiones, la configuración de las edificaciones deberá ser extendida para poder ventilar pasivamente, pero las ventanas deberán tener protección contra las infiltraciones del viento.

Ventilación: se diseñarán habitaciones de una galería con ventilación constante, debido a que las frecuencias de la estrategia de ventilación esencial se encuentra en el rango de 3-12 repeticiones.

Tamaño de las aberturas: las ventanas serán pequeñas entre el 20% y 30% con respecto al muro, ya que el número de repeticiones de la estrategia de inercia térmica se encuentra en el rango de 6 a 10.

Posición de las aberturas: como la estrategia de ventilación es esencial, para propiciar la ventilación cruzada. La ubicación de las ventanas será en el Norte y Sur a la altura de los ocupantes en barlovento.

Protección de las aberturas: para este caso los rangos van de 0 a 2 y 2 a 12, por

lo tanto los vanos de ventilación se sombrearán total y permanentemente debido a que las estrategias propuestas se encuentran en la frecuencia 0.

Muros y pisos: la frecuencia de la estrategia inercia térmica entra en el rango 3 a 12 repeticiones, recomendando usar muros y pisos masivos fabricados de materiales con un retardo térmico de mayor de 8 horas.

Techumbres: de la misma forma que la recomendación anterior para las cubiertas se recomienda materiales con un retardo térmico mayor de 8 horas.

Espacios nocturnos exteriores: no hay recomendaciones en este caso de estudio.

Tabla 15. Recomendaciones de diseño arquitectónico según Mahoney.

INDICADORES DE MAHONEY DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO							RECOMENDACIONES
1	2	3	4	5	6		
5	0	0	7	0	0		
Distribución			1			1	Orientación Norte-Sur (eje largo E-O)
Espaciamiento	1					1	igual a 3, pero con protección de vientos
Ventilación	1		1			1	Habitaciones de una galería Ventilación constante -
Tamaño de las Aberturas			1		1	1	Pequeñas 20 - 30 %
Posición de las Aberturas	1		1			1	En muros N y S. a la altura de los ocupantes en barlovento
Protección de las Aberturas					1	1	Sombreado total y permanente
Muros y Pisos			1			1	Masivos -Arriba de 8 h de retardo térmico
Techumbre	1		1			1	Masivos -Arriba de 8 h de retardo térmico
Espacios nocturnos exteriores							

5.3.4. Temperatura y oscilación (Triángulos Verdes de Evans)

Con el objeto de obtener las estrategias de diseño bioclimático utilizando los parámetros de temperatura media y oscilación (extraídos de la tabla1) se utilizaron los triángulos de Verdes propuestos por John Martin Evans (2000).

De acuerdo a dichos triángulos, los meses de enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre se encuentran dentro de la zona D, confort para circulación exterior y el resto de los meses se localiza en la zona C, confort para circulación interior; en ninguno de los meses se logra el confort para dormir y para actividad sedentaria (Figura 27).

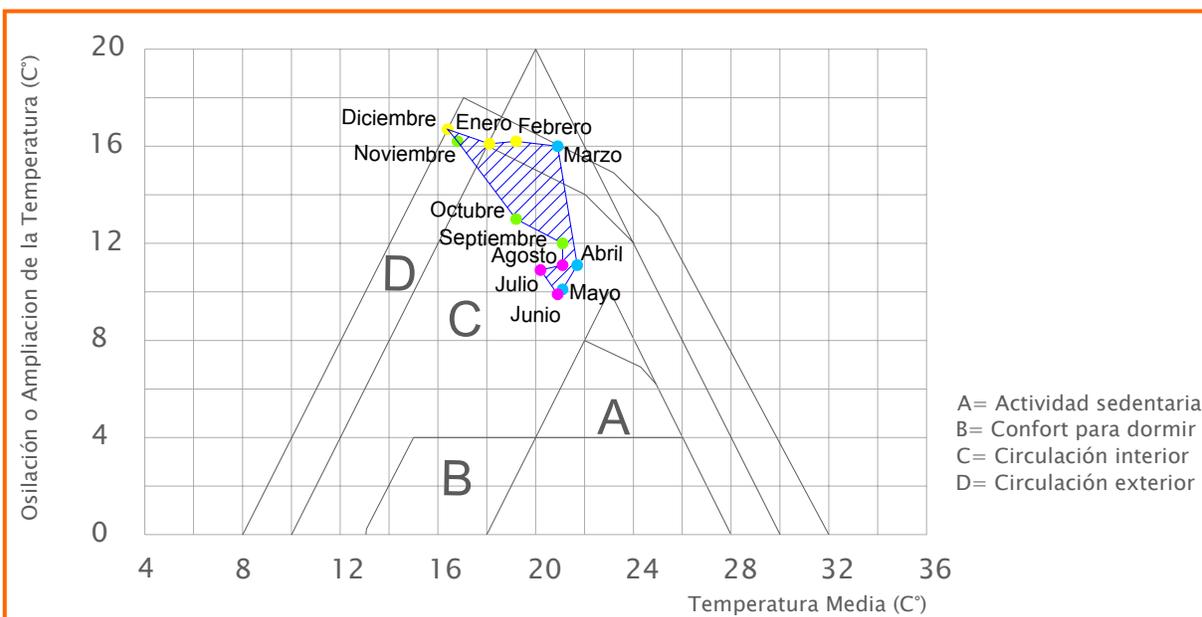


Figura 27. Confort para Oaxaca de Juárez según los triángulos verdes de actividad de Evans.

Con respecto a los triángulos de estrategias bioclimáticas para los meses de enero, noviembre y diciembre las ganancias internas y ganancias solares son las principales estrategias; para febrero, marzo y octubre la inercia térmica es la estrategia a seguir; para los meses restantes la combinación de inercia térmica y ganancias internas marcan las principales estrategias a implementar (Figura 28).

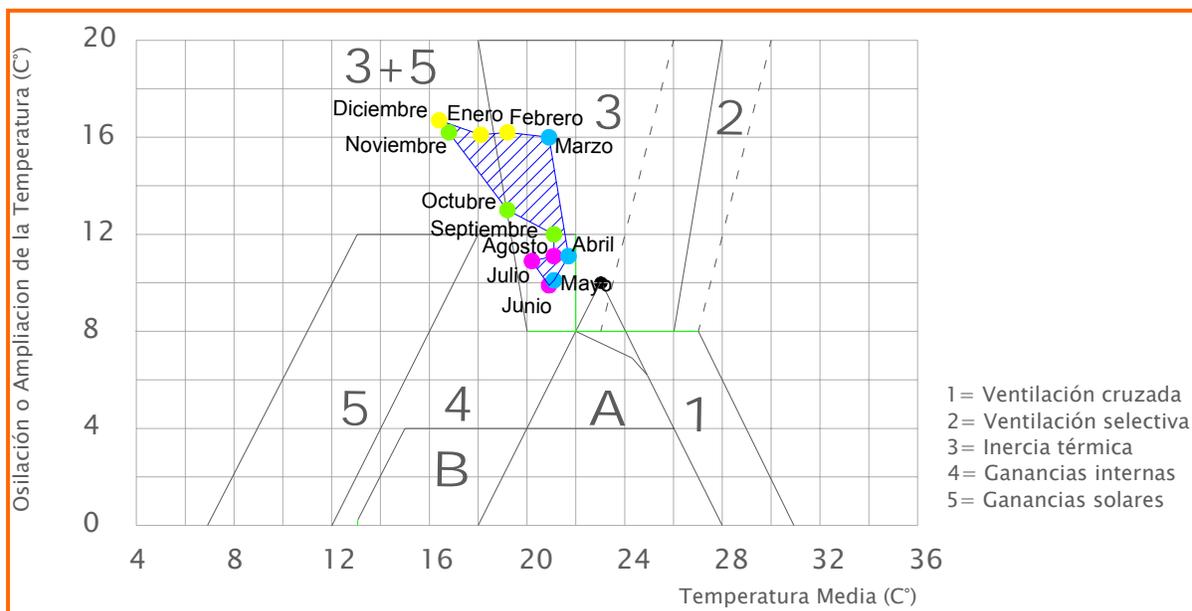


Figura 28. Estrategias de diseño para Oaxaca de Juárez según lo triángulos verdes de estrategias bioclimáticas de Evans

5.4. Definición estrategias de diseño bioclimático

En esta etapa se determinan las acciones necesarias para conseguir las condiciones de confort deseado y se dividen en estrategias de climatización e iluminación natural.

Estrategias de Climatización

Una vez analizados los parámetros climatológicos y sus interrelaciones a través de métodos gráficos propuestos por diferentes autores para con esto determinar estrategias de diseño, se elaboró una tabla resumen (tabla 16) en la cual se observan las estrategias de diseño bioclimático propuestas, las cuales son similares y en general se complementan entre ellas.

Con el análisis de los datos de la tabla 16 se obtuvo como resultado las **Estrategias de Diseño Bioclimático aplicables a la ciudad de Oaxaca y su zona conurbana** que son: **Orientación** de la edificación Norte-Sur, con el eje largo Este-Oeste. Se requiere **calentamiento solar pasivo** durante todo el año en los horarios de 7:00 a 11:00 horas, incrementándose el horario solo para los meses de noviembre

y diciembre (7:00 a 12:00 hrs.). Debido a que las horas de sobrecalentamiento son de 14:00 a 17:00 horas se requiere también **ventilación pasiva** durante todo el año en esos horarios, a través de ventilación cruzada.

Tabla 16. Estrategias de diseño bioclimático para la Ciudad de Oaxaca y zona conurbana de utilizando métodos de diferentes autores.

	Autor	Estrategias y recomendaciones propuestas
Diagrama bioclimático	Victor Olgay (1963)	Calentamiento Solar Pasivo en las mañanas durante todo el año. Ventilación Pasiva en las tardes durante todo el año
Carta psicrométrica	Baruch Givoni (1981)	Calentamiento Solar Pasivo en las mañanas durante todo el año. Ventilación Pasiva en las tardes durante todo el año.
Tablas de Mahoney	Carl Mahoney (1977)	Ventilación esencial Calentamiento nocturno Inercia térmica <i>Recomendaciones</i> Distribución: orientación Norte-sur Espaciamiento: configuración extendida para ventilar Ventilación: habitaciones de una galería con ventilación constante. Tamaño de aberturas: pequeñas de 20% a 30% Posición de las aberturas: en muros norte y sur a la altura de los ocupantes Protección de las aberturas: sombreados total Muros: masivos de arriba de 8 hrs. de retardo térmico Techumbres: masivos de arriba de 8 hrs. de retardo térmico
Triángulos verdes	Martín Evans (2000)	Inercia térmica Ganancias térmicas internas

En lo referente a la **ubicación de las ventanas**, es necesario ubicarlas en la orientación Norte-Sur, y que permanezcan sombreadas totalmente en los horarios de a partir de las 11:00 horas en adelante, excepto noviembre y diciembre (12:00 hrs.). Los materiales que se propagan para construir las edificaciones preferentemente

deben tener un **retardo térmico** mayor de 8 hrs. en muros y losas.

Estrategias para la iluminación natural

La mejor estrategia para alcanzar el confort lumínico utilizando la luz natural, será considerar las características particulares de cada espacio, tomando en cuenta los metros cuadrados a iluminar, la función que cumplirá el espacio, el color de las paredes interiores, las obstrucciones exteriores de la luz, el tipo de cristal a utilizar, el tipo de diseño de la ventana y los metros cuadrados de cristal, así como las dimensiones del vano de iluminación.

CAPÍTULO 6. Proyecto aula-sala de juntas

Para ejemplificar el uso de las estrategias de diseño bioclimáticas definidas anteriormente se decidió aplicarlas al diseño de un aula-sala de juntas que formará parte de la infraestructura del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, que pertenece al Instituto Politécnico Nacional y está ubicado en Oaxaca (CIIDIR-IPN, Unidad Oaxaca).

El aula-sala de juntas estará ubicada en las instalaciones del Centro en Santa Cruz Xoxocotlán, Oax, el terreno destinado para su edificación fue de 100 m² y colinda al Norte con un pasillo de acceso, al Sur con el laboratorio de materiales y construcción, al Este con un estanque piscícola, y al Oeste con una casa de dos niveles denominada "Casa Gota" y con las oficinas del grupo de investigación en acuicultura (figura 29).



Figura 29. Microlocalización aula sala de juntas. Plano general del CIIDIR, IPN-Unidad Oaxaca

Las estrategias de diseño bioclimático son aplicables a cualquier tipo de construcción, en cualquier lugar de la ciudad de Oaxaca y su zona conurbada, debido a que se definieron utilizando parámetros climatológicos representativos de la zona; pero particularizando, la ubicación del predio tiene la ventaja de permitir diseñar libremente sin tener restricciones en cuanto a colindancias que limiten o dificulten la aplicación de las estrategias del diseño bioclimático.

6.1. Análisis del medio artificial del área de estudio

Dentro de los antecedentes arquitectónicos, la infraestructura del CIIDIR cuenta con diferentes estilos, desde el edificio conservador con arquitectura institucional de forma ortogonal, hasta las formas orgánicas de los prototipos de edificaciones, pasando por el más representativo que es el edificio que alberga la denominada Aula magna. Debido a esto, existe la posibilidad de utilizar un estilo arquitectónico con tendencia innovadora, sólo considerando la morfología de los edificios circundantes al área de la edificación propuesta.

Con respecto a la infraestructura, en la zona en que se ubicará el aula-sala de juntas se cuenta con el servicio de alumbrado público, energía eléctrica domiciliaria, servicio telefónico, agua potable y drenaje público.

El equipamiento urbano comprende, centros educativos como: la escuela Normal de Educación, una preparatoria privada, un bachillerato público y un Kinder privado; existe también un mercado zonal.

El sistema constructivo a utilizar fue el propuesto por Hernández (2006) el cual consta de placas de ferrocemento de 0.50 x 2.80 m con un aislante térmico a base de desechos sólidos urbanos reutilizados, por lo tanto el diseño está restringido a la modulación que requiere el sistema.

6.2. Análisis del medio social del área de estudio

Por la parte económica, la limitante fue la restricción de contar solo con el monto para construir un área aproximada de 70 m². Con respecto a las condiciones

políticas la edificación cumplió con los lineamientos marcados por el Centro sobre todo en cuanto a ubicación dentro de la institución.

Para cubrir las Condicionantes legales y normativas fue necesario apearse a las normas del reglamento de construcción vigente del estado de Oaxaca en cuanto a los requerimientos de circulaciones y áreas mínimas para cumplir con el uso para el cual el espacio arquitectónico es destinado.

6.3. Análisis del Usuario

Los usuarios a quienes está dirigida la edificación son: estudiantes de maestría o doctorado, con edades principalmente de 23 años en adelante. También será utilizado para reuniones de profesores de posgrado y miembros de las academias que están formadas por doctores y maestros, con edades a partir de los 30 años. Para las reuniones, la capacidad proyectada es para una ocupación de 30 usuarios.

6.3.1. Bienestar y confort

En cuanto a los requerimientos de bienestar y confort se utilizaron los resultados del análisis hecho en el capítulo 5, los cuales definen que de acuerdo al análisis de las temperaturas, el confort térmico para el usuario es de:

- 21.2° C límite de confort mínimo
- 26.2° C límite de confort máximo.

Mientras que los requerimientos de confort en cuanto a la humedad relativa son de:

- 30% humedad relativa límite de confort mínimo
- 70% humedad relativa límite de confort máxima.

Para el confort lumínico, de acuerdo al tipo de uso del inmueble (aula) los requerimientos mínimos de iluminación son de 150 luxes/m² de acuerdo con el artículo 104° “Norma para las instalaciones” del reglamento de construcción del estado de Oaxaca (Reglamento de construcción, 1998) y según Szokolay de 2% del factor de luz diurna para logra un confort óptimo utilizando la iluminación natural.

6.3.2. Necesidades y requerimientos

En cuanto a lo funcional, las necesidades son la facilidad de acceso y tránsito interior, el contacto visual permanente entre el ponente y los asistentes, y el uso de equipo multimedia para proyectar clases y ponencias, así como escribir de forma manual o utilizando equipos de cómputo portátiles.

Los requerimientos espaciales son: áreas de acceso y circulación, área de exposiciones y ponencias, área para asistentes la cual incluye espacio para desarrollar los trabajos de lectura y escritura tanto manuales como utilizando equipos de cómputo portátiles para 30 personas como mínimo, una zona para la preparación de bebidas y espacios sanitarios.

Para cumplir con las exigencias en cuanto a lo psicológico, la sensación de amplitud fue tomada como la necesidad esencial.

6.4. Programa Arquitectónico

Con la información recabada se construyó la tabla de necesidades, el diagrama de funcionamiento y la tabla de relación del uso horario del espacio, lo cual conforma el programa arquitectónico que conjunta las necesidades funcionales y espaciales.

6.4.1. Tabla de Necesidades

En tabla 17, se observa la interrelación entre las necesidades y el local especial o común y su mobiliario o equipo que da solución al requerimiento de uso del inmueble; por ejemplo: las necesidades de acceder y circular al interior del edificio son solucionadas con la utilización de un vestíbulo de acceso y por pasillos interiores que por su tipo de función se pueden considerar de uso especial o común. Con lo referente a las necesidades del usuario de ver y realizar clases y ponencias, los locales especiales son el área de asistentes y el área de ponencias respectivamente, que tiene una relación de local común entre ellos. Los locales que son considerados solamente de uso especial son el área de cafetería que soluciona

la necesidad de preparar bebidas, y el núcleo sanitario que cubre las necesidades fisiológicas de los usuarios.

Tabla 17. Necesidades y requerimientos para el aula-sala de juntas.

Necesidades	Local especial	Local común	Equipo o mobiliario
Acceder	Vestíbulo de acceso	Vestíbulo de acceso	_____
Circular	Pasillo interior	Área de ponencia Área de asistentes Acceso	_____
Ver ponencia	Área de asistentes	Área de asistentes	Sillas y mesas
Realizar clases y ponencias	Área de ponencia	Área de ponencia	Pantalla, computadora, Sillas y mesas
Prepara café	Área de cafetería	_____	Mesa de preparación, cafetera.
Realizar necesidades fisiológicas	Núcleo sanitario	_____	Módulo sanitario

6.4.2. Diagrama de funcionamiento

El diagrama de funcionamiento que se muestra en la figura 30, proporciona la idea inicial de zonificación con la que contará el diseño, muestra las interconexiones entre los diferentes espacios; para el caso entre área de asistentes y el área de ponencias existe una liga directa, la cual no se da con el núcleo sanitario, el cual tiene una liga indirecta con el resto de los espacios.

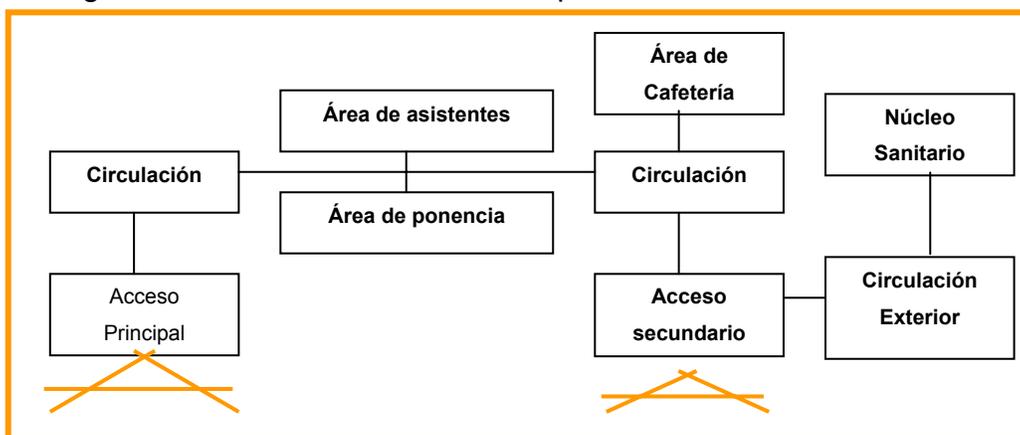


Figura 30. Diagrama de funcionamiento para el aula-sala de juntas.

6.4.3. Áreas y su relación con los horarios de uso

Se programó el horario en el cual el espacio es ocupado, esto con la finalidad de conocer el tiempo y horas de uso para determinar una aplicación específica de alguna de las estrategias de diseño bioclimático; para el caso en estudio se toma en consideración un horario de utilización de 7:00 a 18:00 horas y de acuerdo con lo anterior se deben aplicar estrategias de calentamiento, ventilación y control solar para conservar los grados de óptimos de confort al interior del espacio.

6.5. Propuesta del diseño arquitectónico bioclimático

En la elaboración del anteproyecto se usa la geometría solar para diseñar los dispositivos de control solar, a su vez, las temperaturas son relacionadas con el moviendo aparente del sol que da información para perfeccionar estos diseños e integrar las estrategias de diseño bioclimático propias para el uso del espacio arquitectónico.

6.5.1. Geometría solar

Primeramente se construyó la gráfica solar en planta, así como los rayos solares en magnitud verdadera en alzado para la zona de estudio. La gráfica solar se dividió en dos semestres, en el primer semestre abarca los días 21 de los meses de enero a junio (figura 31) y en el segundo semestre comprende los días 21 de julio a diciembre (figura 32), se consideran estos días debido a que en estas fechas se presenta el solsticio de verano e invierno (21 de junio y 21 de diciembre) y el equinoccio de primavera y otoño (21 de marzo y 21 de septiembre). Además, los rayos solares se encuentran con una inclinación máxima con respecto al eje de rotación de la Tierra.

Posteriormente las gráficas solares se utilizaron para calcular de manera gráfica la magnitud verdadera de los rayos solares en alzado de los meses más críticos: diciembre y junio. Para ser graficados se utilizó el valor del ángulo de acimut en la parte superior de la gráfica y la altura solar en la parte inferior (figuras 33 y 34); una vez graficados, éstos fueron utilizados para realizar el diseño de dispositivos horizontales de control solar.

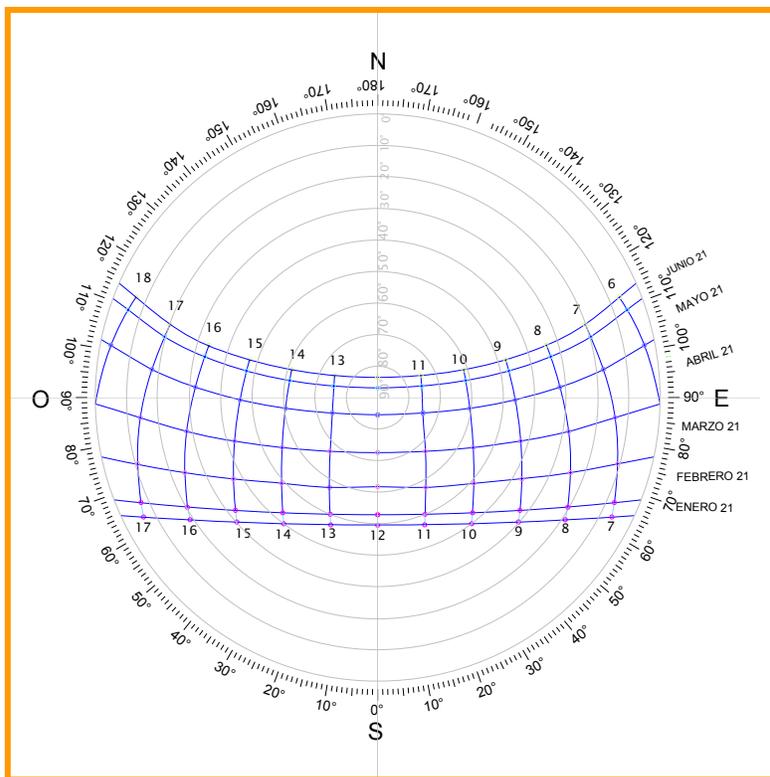


Figura 31. Gráfica Solar Estereográfica para el primer semestre de Santa Cruz Xoxocotlán.

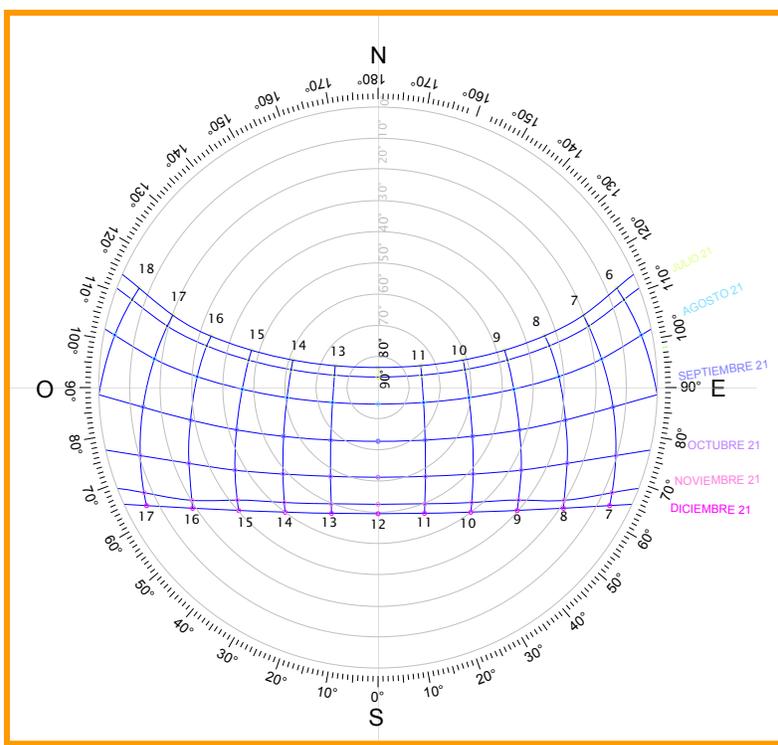


Figura 32. Gráfica Solar Estereográfica para el segundo semestre, Santa Cruz Xoxocotlán.

En la figura 33 y 34, se observa la inclinación de los rayos en magnitud verdadera durante los horarios de 7:00 a 12:00 horas en el mes de diciembre y junio respectivamente; éstos servirán para delimitar gráficamente la distancia de los dispositivos horizontales de control solar para las fachadas de las edificaciones.

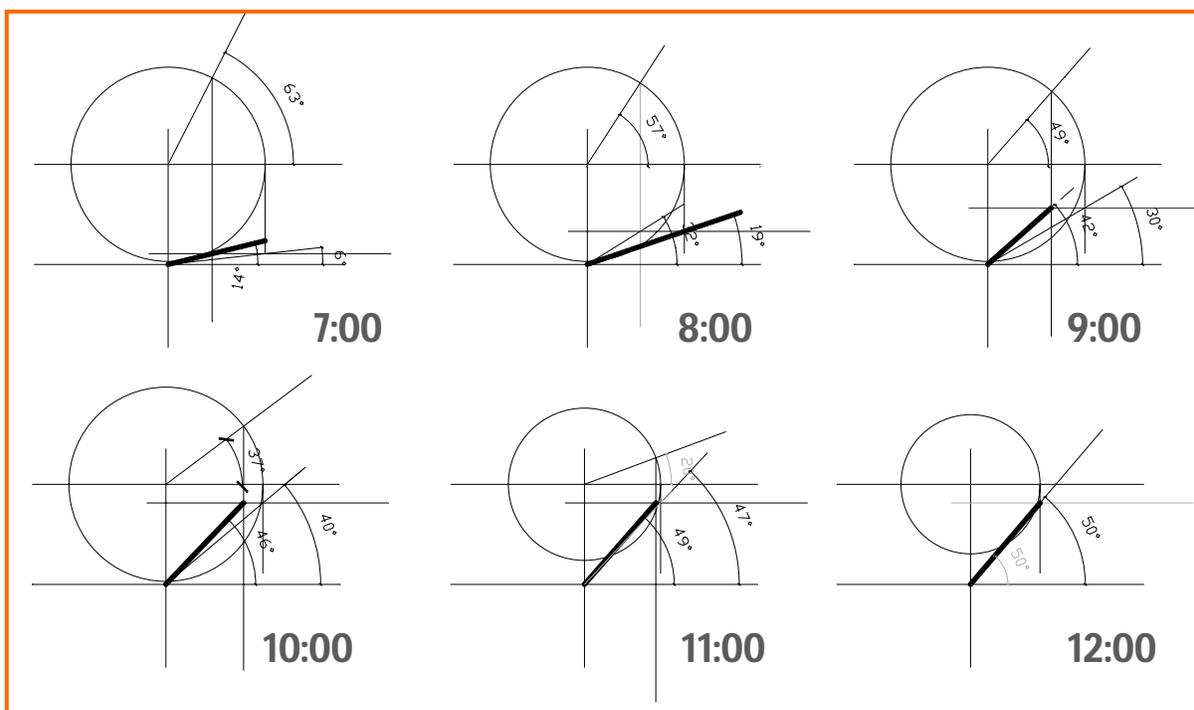


Figura 33. Rayos en magnitud verdadera en alzado para diciembre.

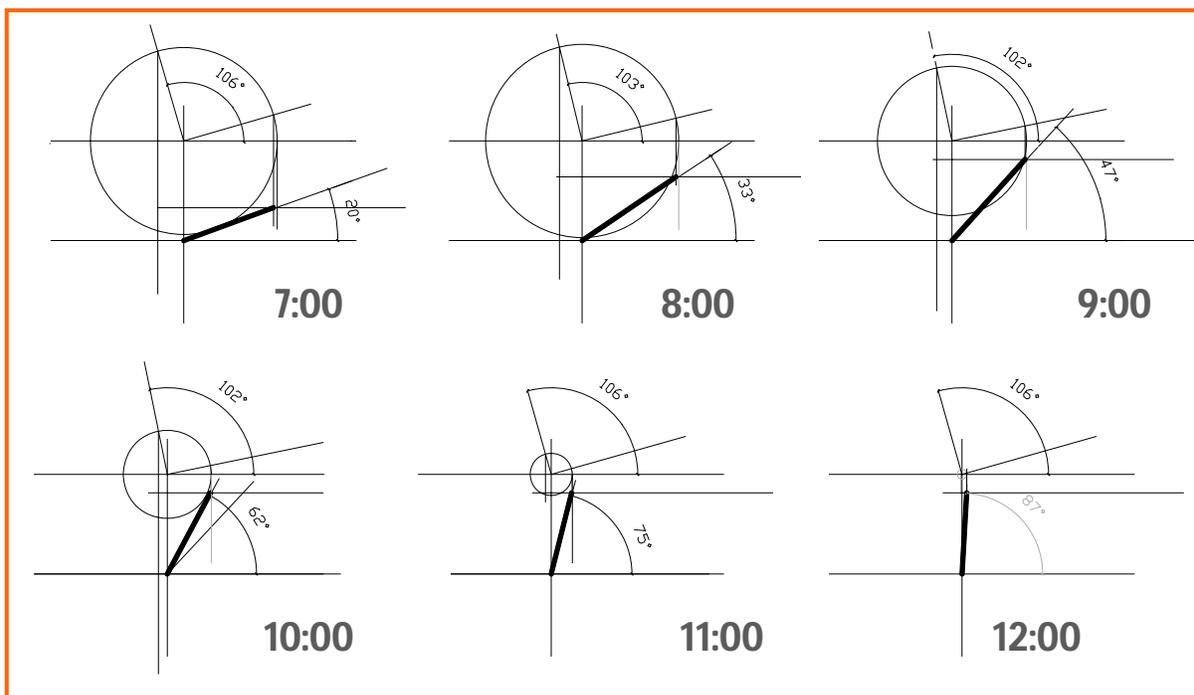


Figura 34. Rayos en magnitud verdadera en alzado para junio.

6.5.2. Rangos de temperaturas y su relación con el movimiento aparente del sol.

Los datos tabulados de temperatura horaria que definieron los periodos de sobrecalentamiento, confort y enfriamiento se relacionan con la gráfica solar a través de la superposición esquemática de estos periodos; esta gráfica sirvió para definir la mejor ubicación y orientación en función de los requerimientos térmicos de los horarios de uso de los espacios, que permite tener ganancias directas o indirectas de radiación solar; también se utilizó para hacer específico el diseño de dispositivos de control solar.

En la gráfica solar para el primer semestre de la figura 35, se observa que las temperaturas mas bajas se presentan hasta las 11:00 horas, con excepción de los meses de mayo y abril, éstas no sobrepasan el eje Norte-Sur. Para las temperaturas altas el sobrecalentamiento comienza a partir de las 14:00 horas y solo en marzo el sobrecalentamiento inicia una hora antes.

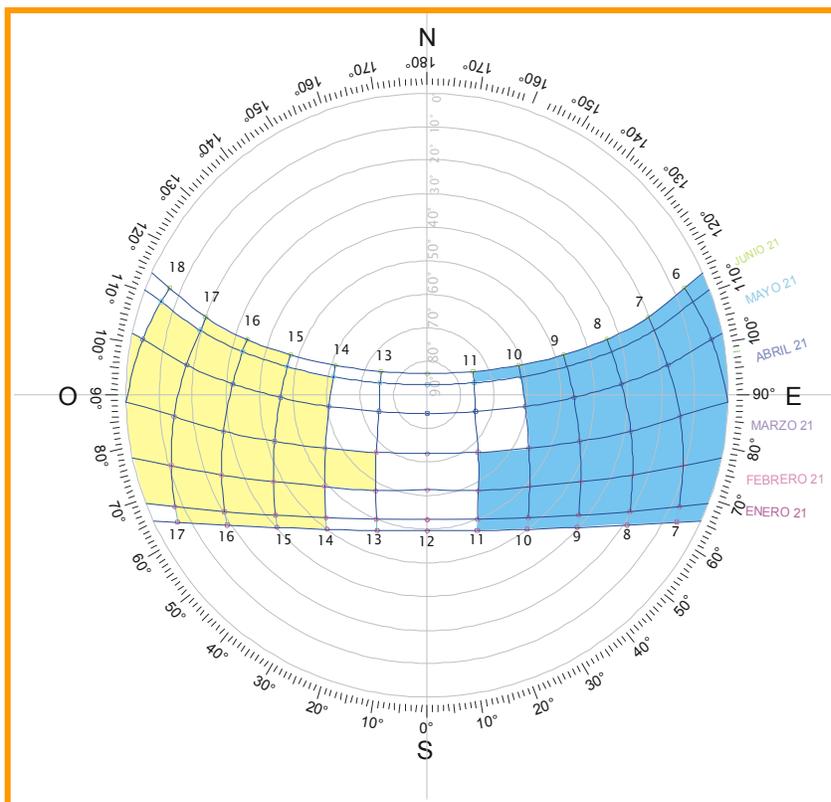


Figura 35. Gráfica solar estereográfica y su relación con los rangos de temperatura para el primer semestre

En la figura 36 se presenta la gráfica solar para el segundo semestre, en donde se observa que las temperaturas por debajo de la zona de confort abarcan hasta las 11:00 horas, excepto para los meses de noviembre y diciembre en donde la zona fría se extiende hasta las 12:00 horas. En cuestión de sobrecalentamiento, éste se presenta a partir de las 15:00 horas para los meses de julio y agosto y a las 14:00 horas para septiembre. El resto de los meses se encuentran dentro de la zona de confort térmico en estos horarios.

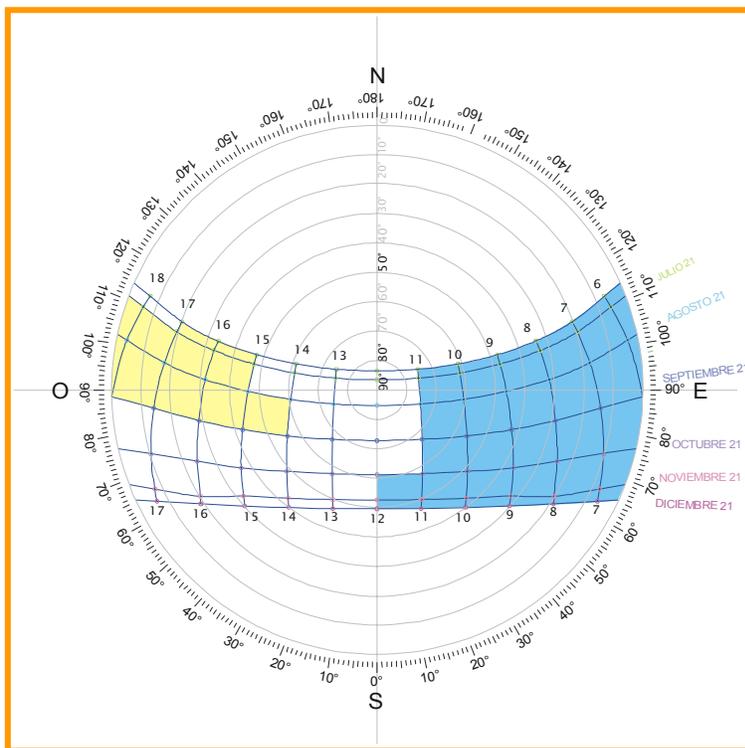


Figura 36. Gráfica solar estereográfica y su relación con los rangos de temperatura para el segundo semestre.

De acuerdo a lo anterior, la orientación óptima para el emplazamiento de las edificaciones en la ciudad de Oaxaca de Juárez y zona conurbana será aquella que permita la menor entrada de los rayos solares directos en las horas de sobrecalentamiento; por lo tanto, la orientación más favorable para situar un edificio es la Norte-Sur o fachada principal Norte, también se puede emplazar utilizando la orientación Sur-Norte o fachada principal Sur pero utilizando dispositivos de control solar que impidan el paso de los rayos solares en las horas de mayor radiación solar. Ubicar las construcciones con estas orientaciones garantizará poder controlar de una

manera eficiente el sobrecalentamiento que produce la incidencia de los rayos solares del Oeste.

6.5.3. Aplicación de las estrategias de diseño bioclimático y diseño de dispositivos de control solar (Anteproyecto arquitectónico bioclimático)

El anteproyecto consiste en un espacio diseñado para tener las funciones de aula y sala de juntas con un área de 64.00 m^2 , con capacidad para 30 personas y un núcleo sanitario de 7.48 m^2 que será usado por mujeres y hombres; los sanitarios están acondicionados, tanto en espacio como en mobiliario, para ser usado por personas con capacidades diferentes (figura 37).

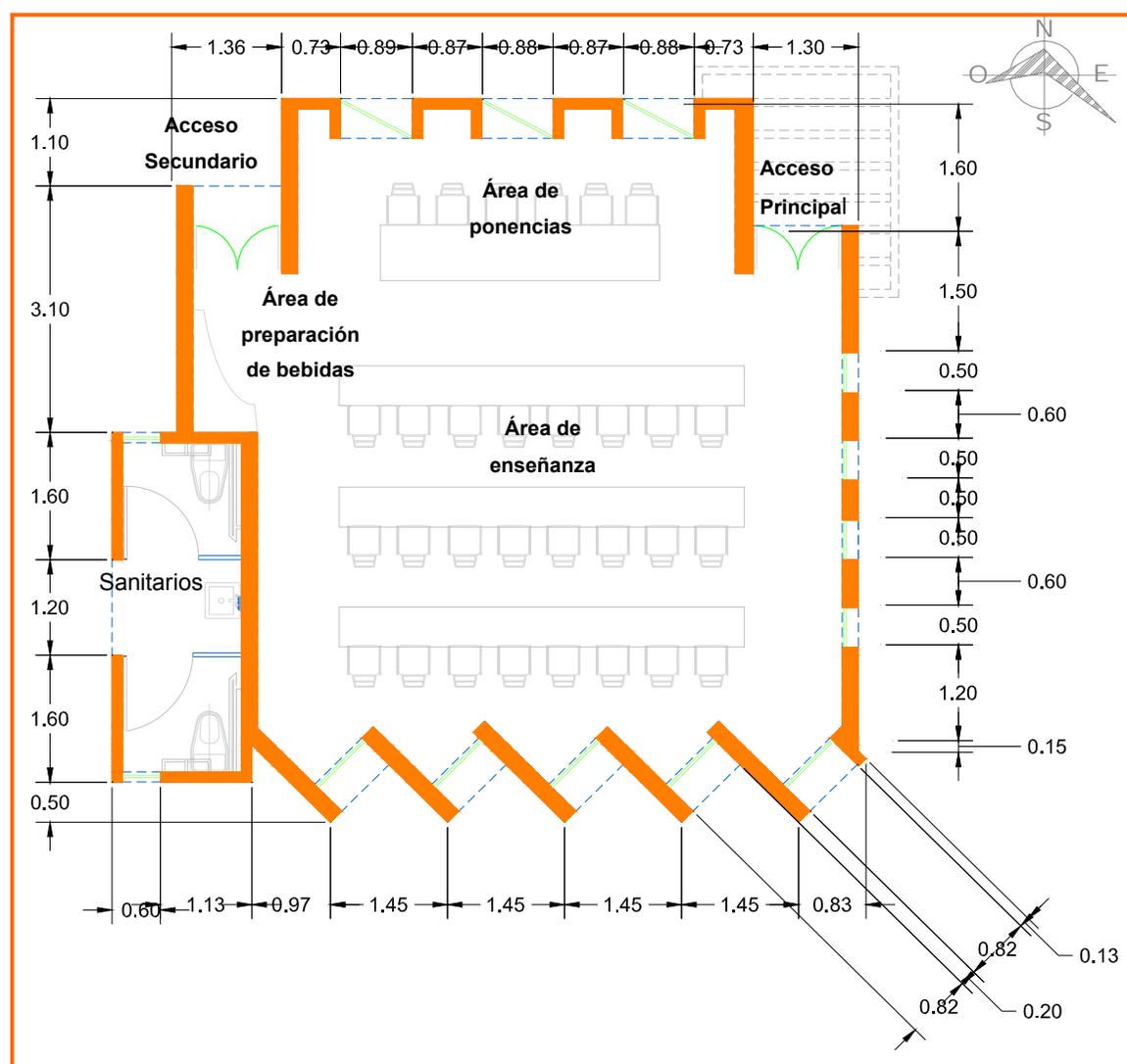


Figura 37. Planta arquitectónica del aula-sala de juntas

La forma básica del edificio es un cuadrado con substracciones y adiciones, con un juego de volúmenes en las fachadas a partir del manejo de alturas en los pretilos. Siguiendo los criterios de diseño bioclimático el edificio se orientó Norte-Sur; la ubicación del núcleo sanitario responde a la necesidad de protección de ganancias solares directas por la tarde del lado Oeste, debido a que esta área se convierte en un colchón térmico para el área de enseñanza. El acceso a lo sanitarios se realiza por la parte exterior, esto para evitar el ingreso de malos olores y perturbar con sonidos la clase o ponencia. Además, para propiciar la ventilación cruzada y favorecer el control solar, las ventanas se ubicaron en las fachadas Norte y Sur.

En la figura 38 se observa el diseño de los dispositivos de control solar en planta para la fachada Norte, los cuales consisten en colocar las ventanas remetidas 0.50 m y con una inclinación de 45° para facilitar el acceso de sol a partir de las 7:00 horas.

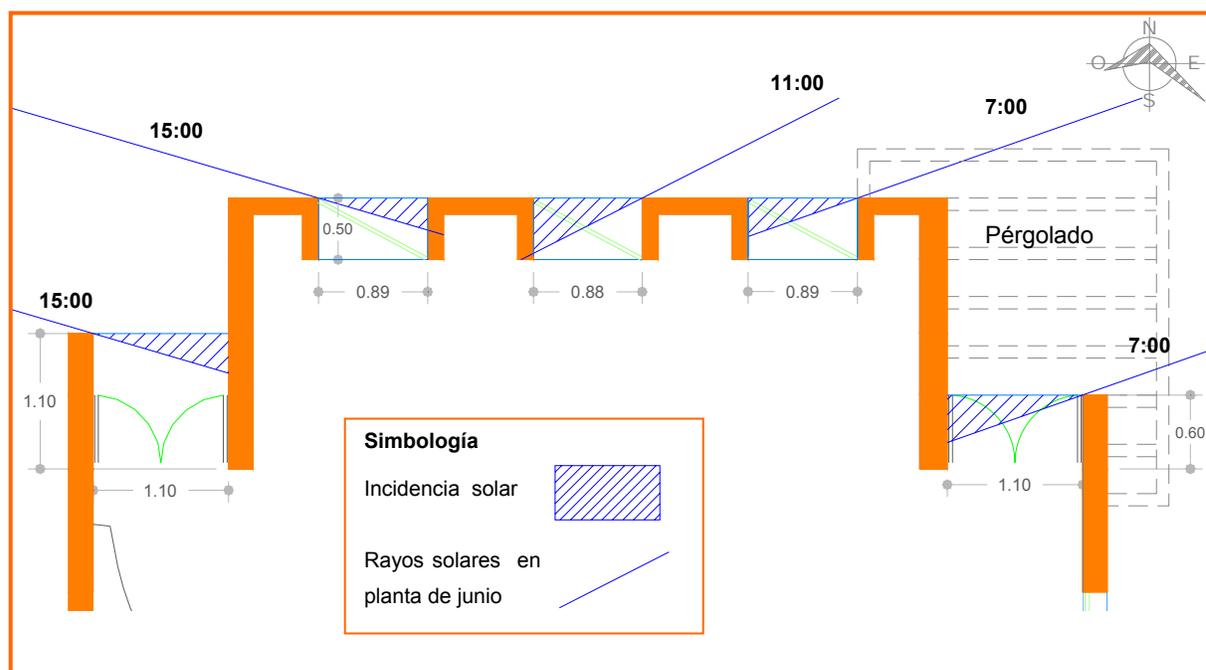


Figura 38. Dispositivos de control solar en planta para la fachada Norte.

Esta inclinación favorece la protección de la incidencia de los rayos solares en el horario vespertino para el mes de junio que es el mes mas crítico en cuanto a la inclinación solar se refiere. Además, el acceso principal y secundario se remetieron

0.60 y 1.10 m respectivamente, para protegerlos de la incidencia de los rayos solares, agregando un dispositivo en el acceso principal que consta de un pérgolado el cual sirve para sombrear a partir de la 11:00 horas y elimina la necesidad de colocar un elemento vertical que impediría el acceso de luz solar en las primeras horas del día.

En el corte de una de las ventanas Norte de la figura 39 se observa el funcionamiento del dispositivo de control solar en alzado, el cual permite el ingreso del sol a partir de 7:00 horas y limita su acceso a partir de la 11:00 horas de acuerdo con las necesidades de calentamiento solar pasivo marcadas por estrategias de diseño bioclimático.

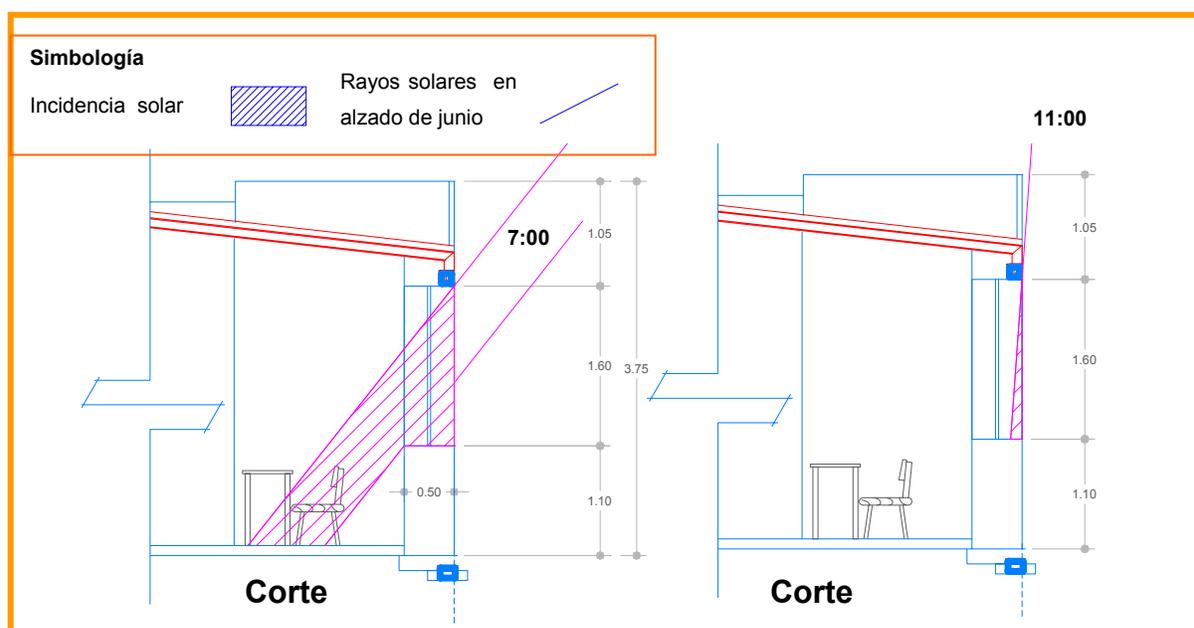


Figura 39. Dispositivos de control solar en corte para la fachada Norte.

En la figura 40 se observa el juego de volúmenes en la fachada Norte, el cual se logró variando la altura de los pretilos. También, se muestra la integración del dispositivo de control solar horizontal (pérgolado) al contexto arquitectónico de la fachada.

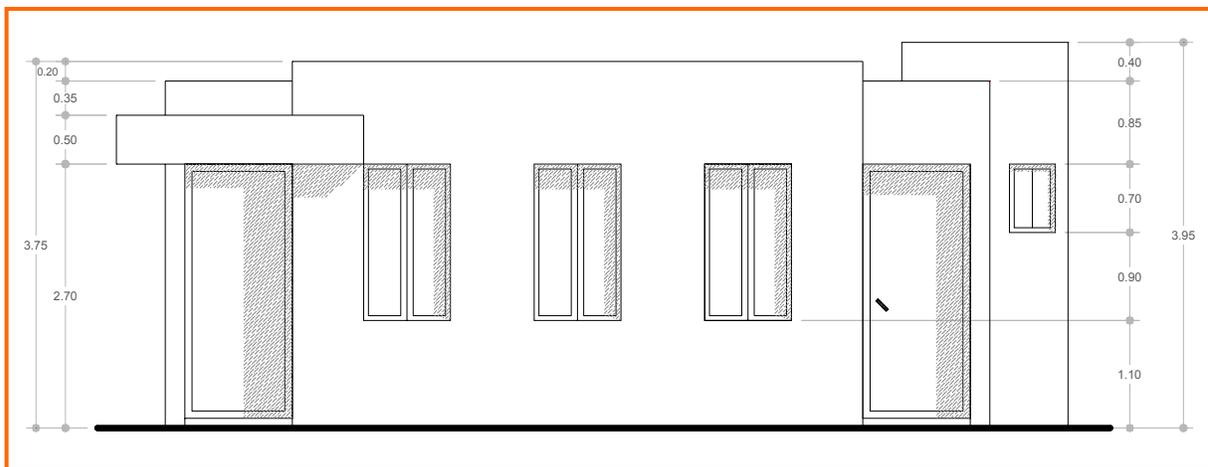


Figura 40. Alzado Norte del aula-sala de juntas.

En el diseño de los dispositivos de control solar para la fachada Sur (figura 41) se consideró el acceso del sol desde las 7:00 hasta las 12:00 horas, de acuerdo con las necesidades de calentamiento descritas en el capítulo 5 para los meses de invierno.

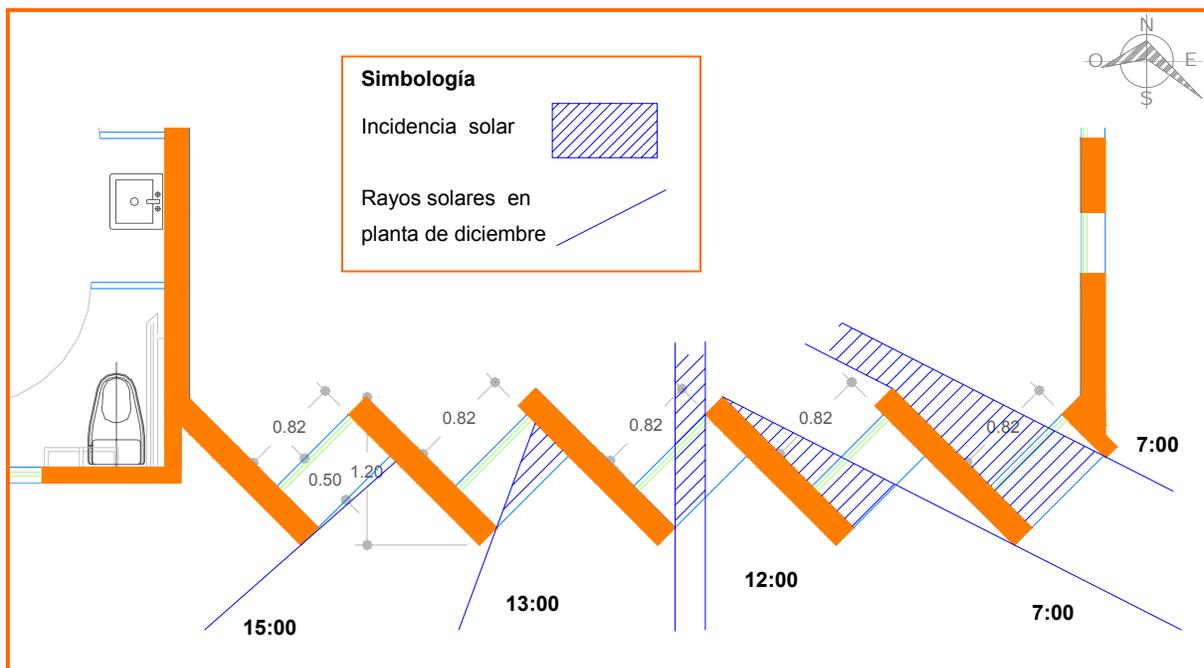


Figura 41. Dispositivos de control solar en planta para la fachada Sur.

El diseño consistió en orientar las ventanas hacia el lado Este, esto se logró realizando una serie de formas dentadas, que son una abstracción de las grecas

encontradas en la arquitectura zapoteca de Mitla, en las cuales el lado Este se utilizó como vano y el lado Oeste como macizo. Además, las ventanas quedaron remetidas 0.50 m con la finalidad de evitar la incidencia de los rayos solares a partir de la 13:00 horas.

En la figura 42 se observa el funcionamiento de los dispositivos de control solar en corte, los cuales permiten el paso de los rayos solares a partir de las 7:00 horas debido a su orientación hacia el Este. El dispositivo horizontal o remetimiento inicia su función a partir de las 13:00 horas y se complementa con el muro Oeste para sombrear completamente el vano.

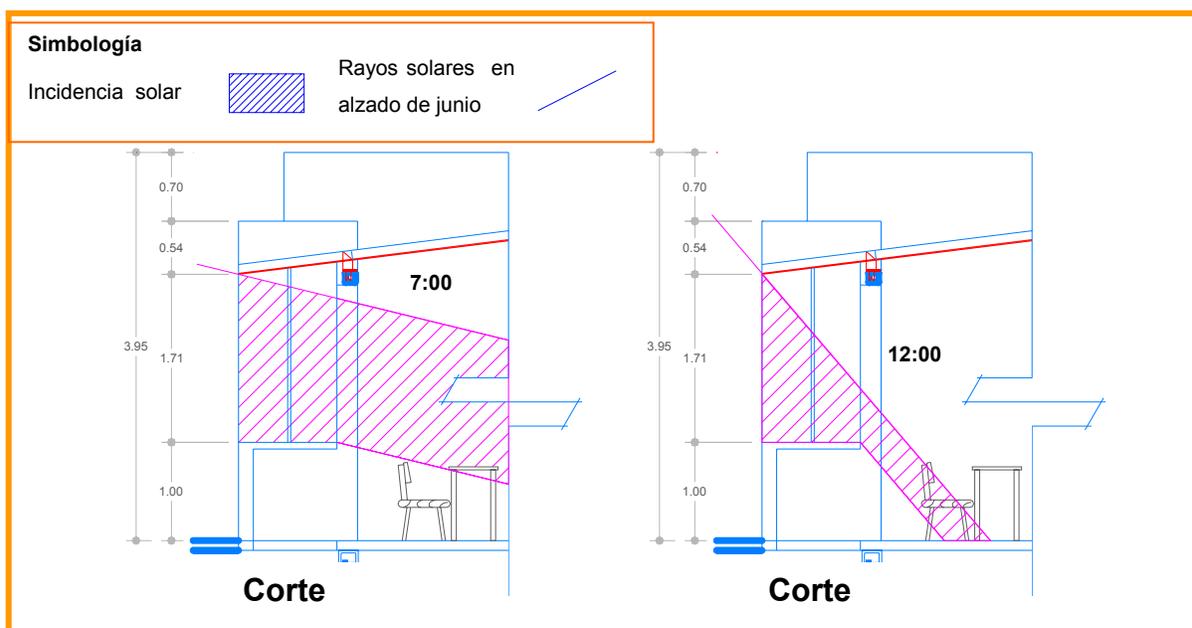


Figura 42. Dispositivos de control solar en corte para la fachada Sur.

Es en la fachada Sur (figura 43) en donde se percibe que el diseño arquitectónico y el diseño bioclimático se complementan y pueden formar una unidad, muestra de ello es la orientación de las ventanas que tiene un doble propósito, otorgar el movimiento formal al edificio y participar en el calentamiento solar pasivo durante la temporada de invierno. También favorecen a la ventilación cruzada para las horas de sobrecalentamiento de todo el año.

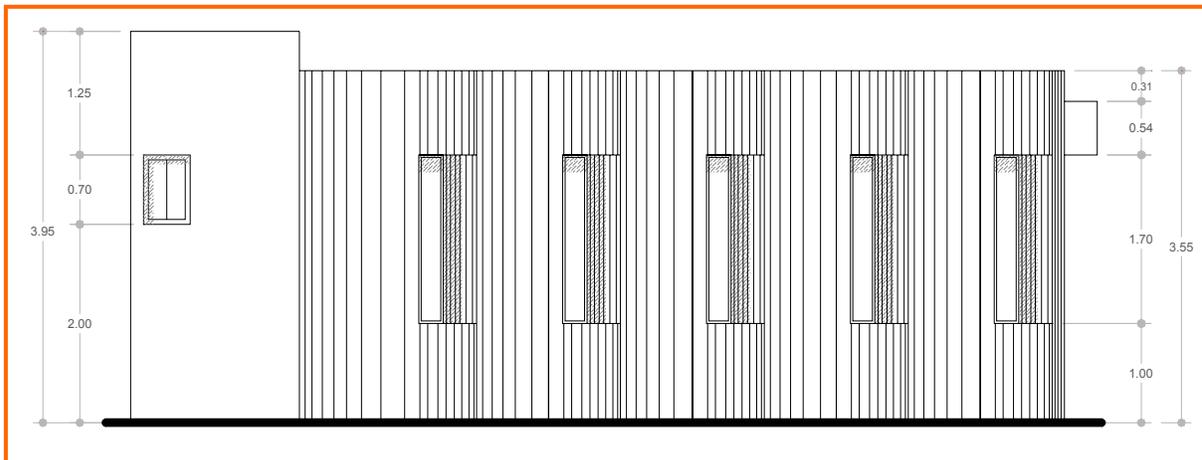


Figura 43. Fachada Sur del aula-sala de juntas.

En la fachada Este (figura 44) se aprecia el juego volumétrico del edificio y la integración arquitectónica del dispositivo de control solar horizontal del acceso principal. Las ventanas de esta fachada participan en el calentamiento solar pasivo durante todo el año en los horarios de 7:00 a 11:00 horas y contribuyen también a la ventilación; sin embargo, no son las principales.

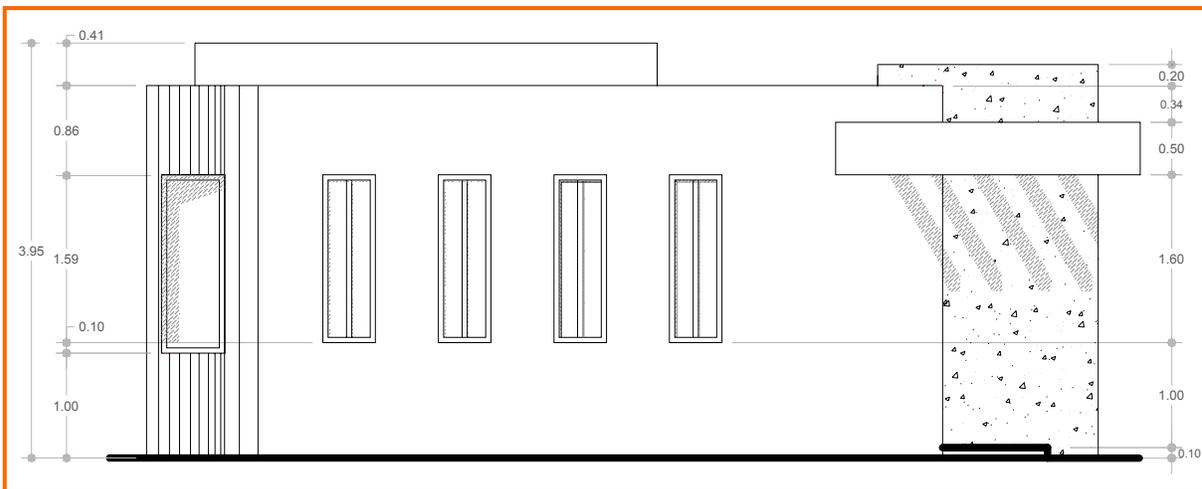


Figura 44. Fachada Este del aula-sala de juntas

Los colores propuestos para el interior del edificio serán colores claros y colores medios para resaltar detalles arquitectónicos, esto con la finalidad de permitir mayor reflectancia interior y cooperar con los requerimientos de iluminación natural. Finalmente en el anteproyecto se incorporaron las condiciones funcionales y estéticas, pero toca el turno de ser evaluadas mediante simulación.

CAPÍTULO 7. Evaluación

7.1. Evaluación Arquitectónica

Desde el punto de vista del funcionalismo, la propuesta cuenta con las dimensiones necesarias para la circulación de hasta dos personas por pasillo y una entre hileras de sillas y mesas cumpliendo con los requerimientos del reglamento de construcción del estado de Oaxaca. La distribución de los espacios para alumnos y catedráticos (área de enseñanza y área de ponencias) están libres de obstrucciones visuales y auditivas; por otra parte, los núcleos sanitarios cuentan con las dimensiones mínimas requeridas para el acceso de personas con capacidades diferentes. En lo que se refiere a la integración al entorno arquitectónico del Centro, sus formas ortogonales se integran al contexto a través de movimientos rítmicos de cambios de alturas que otorga un aparente juego de volúmenes.

A causa de cumplir con los requerimientos del sistema constructivo se realizan algunas modificaciones: las ventanas de la fachada Norte se reducen de tres a dos, y en el lado Este se reducen de cuatro a tres debido a la modulación en la planta, que con estas modificaciones quedan solucionadas.

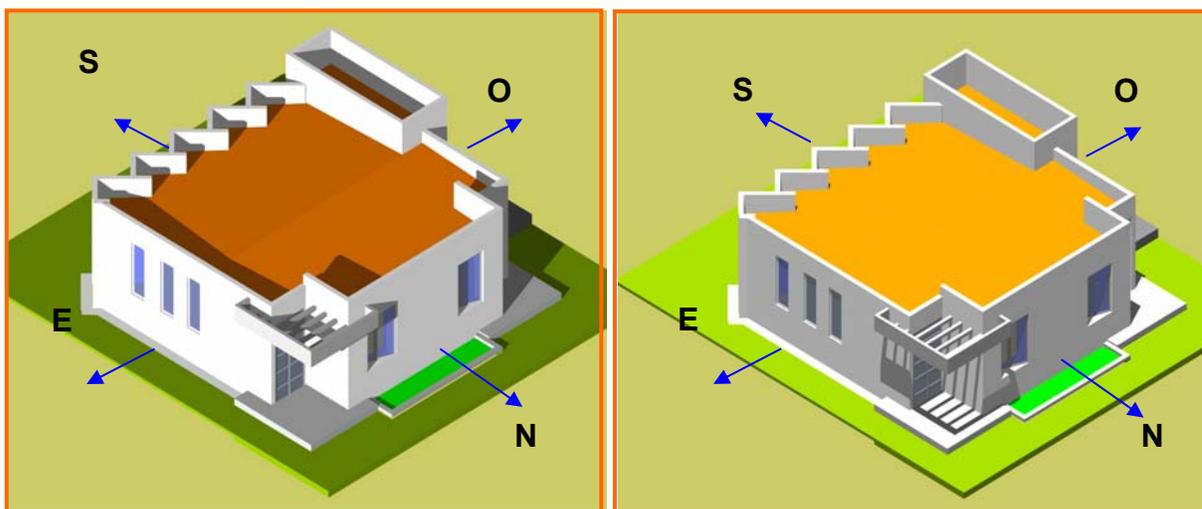
7.2. Evaluación de Confort

7.2.1. Análisis de dispositivos de control solar

Se evaluó el funcionamiento de los dispositivos de control solar que regulan el acceso de radiación directa en horarios determinados, para esto se elaboró un modelo virtual en el programa de diseño asistido por computadora AutoCad® para simular el movimiento del sol en los meses más críticos (diciembre y junio). El programa se calibró con la latitud y altitud de la Santa Cruz Xoxocotlán para que dicho programa reprodujera lo más fielmente posible el movimiento del sol. Se realizaron pruebas para los horarios de 7:00, 11:00, 14:00 y 17:00 horas para junio y 7:00, 12:00, 14:00 y 17:00 horas para diciembre; los horarios analizados responden a los requerimientos de calentamiento y de protección contra la incidencia solar, en tanto, que las fechas analizadas corresponden a los meses de mayor inclinación de

los rayos solares con respecto al eje de rotación de la tierra. Si los resultados de los análisis resultan satisfactorios se garantizará el funcionamiento adecuado de los dispositivos para el resto de los meses del año.

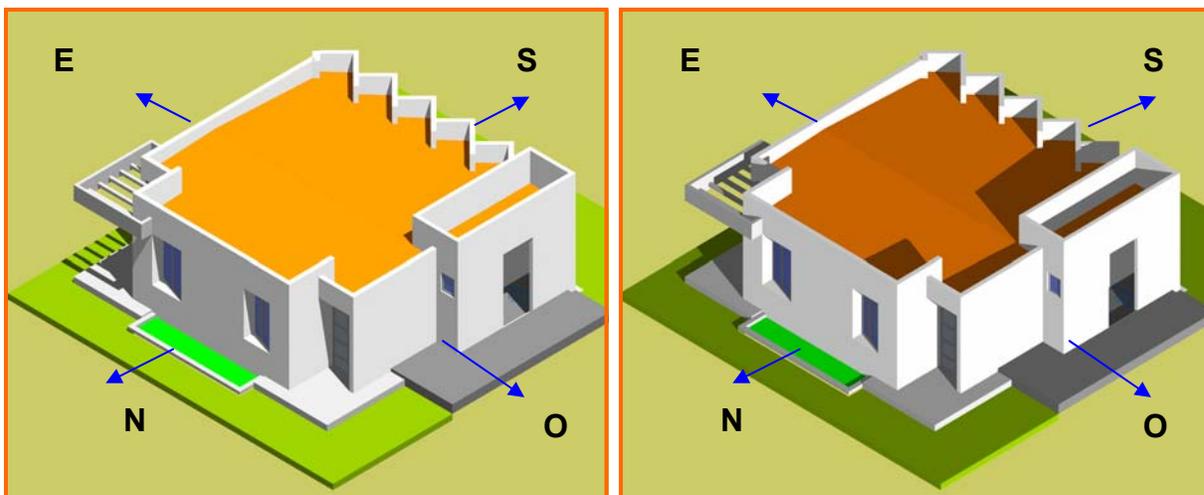
En la figura 45 se presentan el funcionamiento de los dispositivos de control solar para la fachada Norte en el mes de junio, teniendo los siguientes resultados: los 0.50 m de remetimiento y el ángulo de inclinación de las ventanas logran el propósito de permitir el ingreso de la radiación solar a partir de las 7:00 de la mañana hasta las 11:00 horas. A partir de esa hora el sombreado de las ventanas es total evitando tener ganancias térmicas (figuras 45a y 45b). La puerta de acceso principal ubicada al Noreste permite el ingreso del sol en los mismos horarios, siendo bloqueado por el dispositivo horizontal a base de pérgolas a partir de las 11:00 horas. La puerta Noroeste no participa en el calentamiento pasivo por las mañanas y se encuentra sombreada durante las horas de sobrecalentamiento debido a su remetimiento. También, se observa que las ventanas de la fachada Este participan en el calentamiento solar pasivo en las primeras horas del día, quedando totalmente sombreadas después de las 11:00 horas.



a) Sombreado de vanos a las 7:00 horas

b) Sombreado de vanos a las 11:00 horas

Figura 45. Evaluación del funcionamiento de los dispositivos de control solar para la fachada Norte en junio con el programa Autocad®.



c) Sombreado de vanos a las 14:00 horas

d) Sombreado de vanos a las 17:00 horas

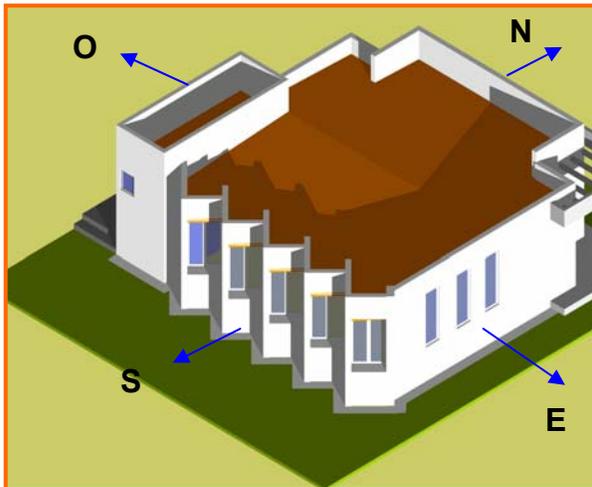
Figura 45 (continua). Evaluación del funcionamiento de los dispositivos de control solar para la fachada Norte en junio con el programa AutoCad®.

En la figura 45c y 45d se muestra que el diseño de los dispositivos impiden el ingreso de los rayos solares en los horarios vespertinos de acuerdo con los requerimientos de marcados por las estrategias de diseño. Estos dispositivos funcionan para el periodo primavera verano.

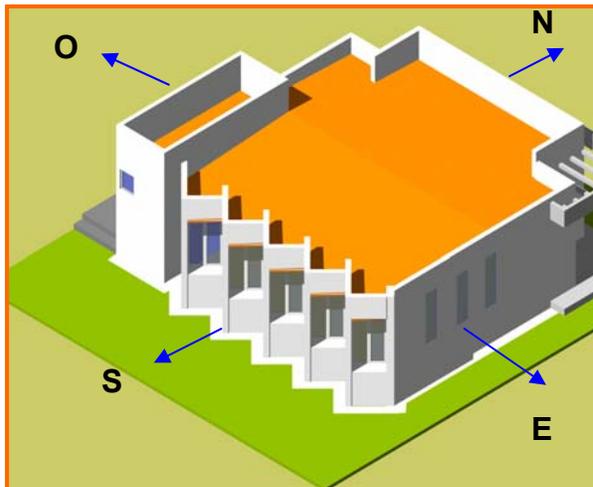
En la figura 46 se presenta el funcionamiento de los dispositivos de control solar para la fachada Sur en el mes de diciembre, teniendo los siguientes resultados: el ángulo de desfase de los vanos permite el ingreso de la radiación solar a través de las ventanas desde la 7:00 a.m. hasta las 12:00 horas (figura 46a y 46b); también, se observa que las ventanas de la fachada Este contribuyen al ingreso de la radiación solar durante la temporada otoño-invierno a partir de las 7:00 horas y de igual forma en los horarios de sobrecalentamiento la ventana se encuentra totalmente sombreada a partir de las 11:00 horas.

Según los requerimientos de calentamiento pasivo para la temporada otoño-invierno, a partir de las 12:00 horas el remetimiento de 0.50 m y los dispositivos verticales inician su funcionamiento bloqueando parcialmente el ingreso de la radiación solar, a partir de las 14:00 horas los vanos quedan totalmente sombreados

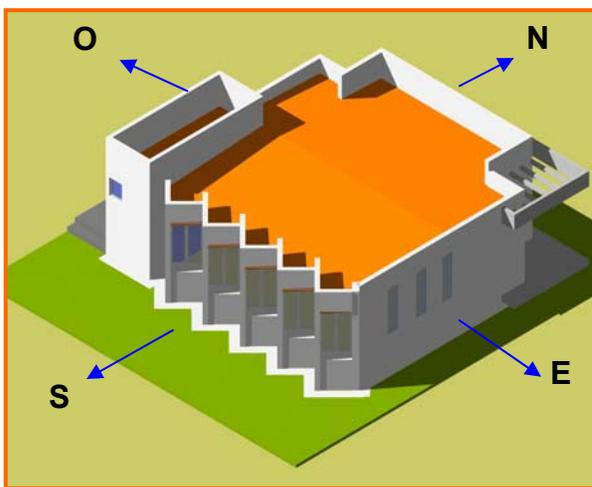
(figura 46c y 46d).



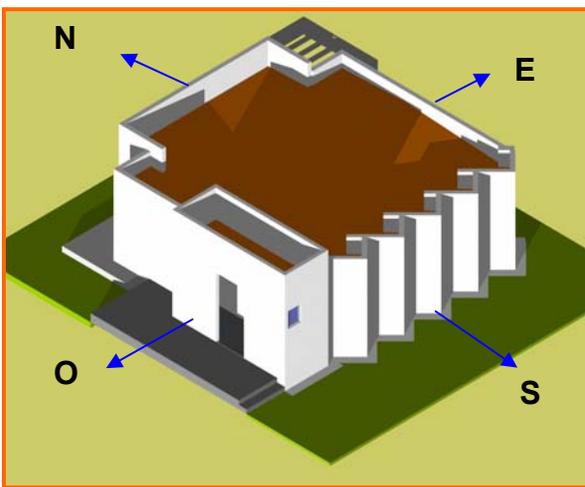
a) Sombreado de vanos a las 7:00 horas



b) Sombreado de vanos a las 12:00 horas



c) Sombreado de vanos a las 14:00 horas



d) Sombreado de vanos a las 17:00 horas

Figura 46. Evaluación del funcionamiento de los dispositivos de control solar para la fachada Sur en diciembre con el programa Autocad®.

La segunda prueba del funcionamiento de los dispositivos de control solar se realizó con ayuda un Gnomon o indicador solar universal, que consta de un estilete que proyecta una sombra en una escala gráfica que representa el movimiento mensual horario del sol, básicamente es un reloj solar (García, 1991). Para la prueba se construyó un modelo físico a escala 1:50 en el cual se representó el desplazamiento del sol en los horarios de 7:00, 11:00, 14:00 y 17:00 horas para junio y 7:00, 12:00, 14:00 y 17:00 para diciembre, esto con la finalidad de ser comparados

con los resultados de los análisis del funcionamiento de los dispositivos realizados con el programa de cómputo.

En la figura 47a, b, c y d se observa la similitud del funcionamiento de los dispositivos y la proyección solar de junio en la fachada Norte comparado con las pruebas del modelo virtual en Autocad®, de igual manera se corroboró la participación que tienen las ventanas localizadas al Este en el calentamiento solar pasivo para el periodo primavera-verano.

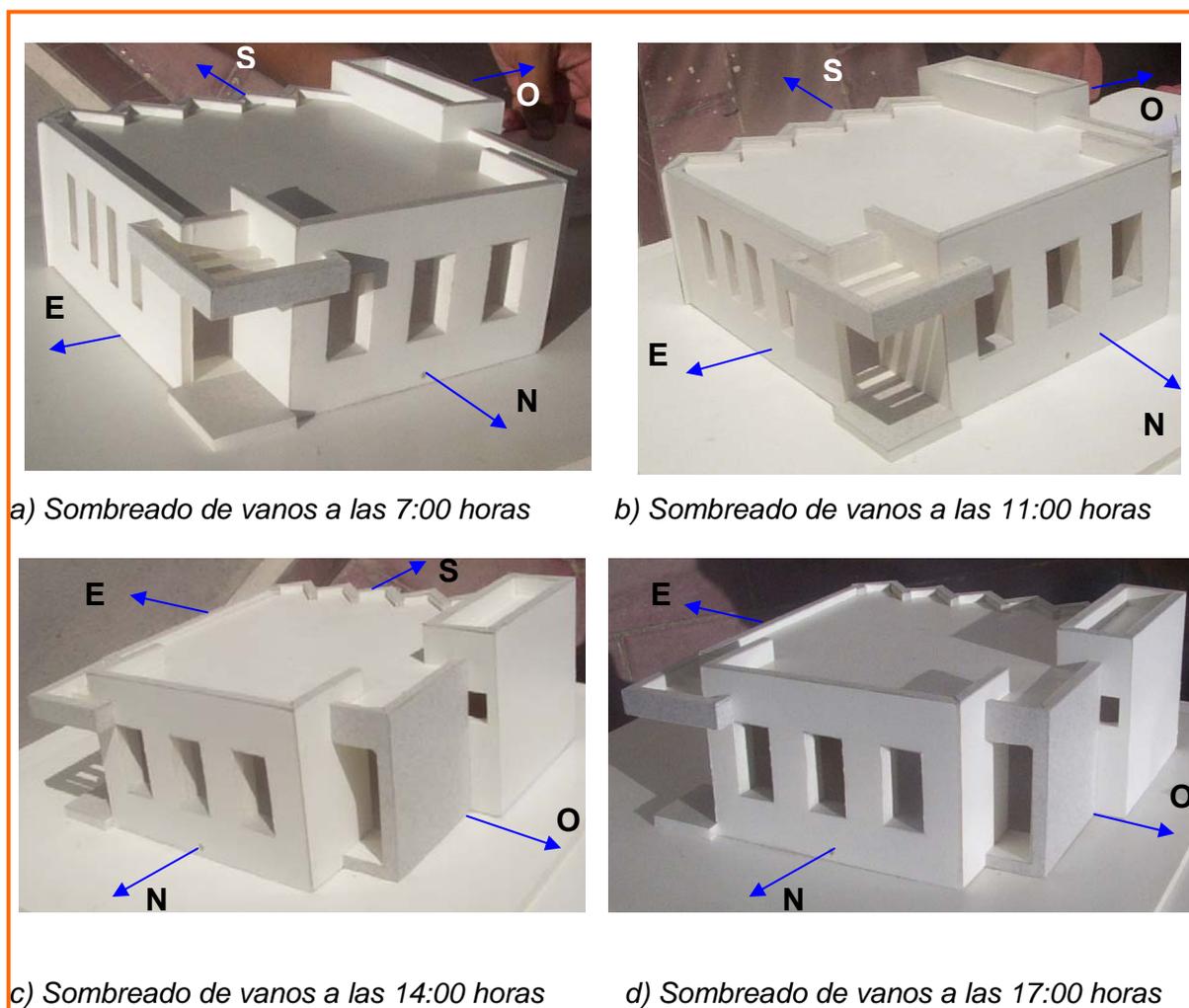


Figura 47. Funcionamiento de los dispositivos de control solar para junio utilizando un gnomon en Fachada Norte.

En la figuras 48a, b, c y d se observa que los dispositivos para la fachada Sur se comportan de la misma manera que lo predicho por el modelo virtual, permitiendo el ingreso de los rayos solares en las horas de bajo calentamiento y bloqueándolos al

inicio de las horas de sobre calentamiento. De igual forma se comprueba la eficiencia de las ventanas Este con su participación del acondicionamiento térmico en las primeras horas del día.

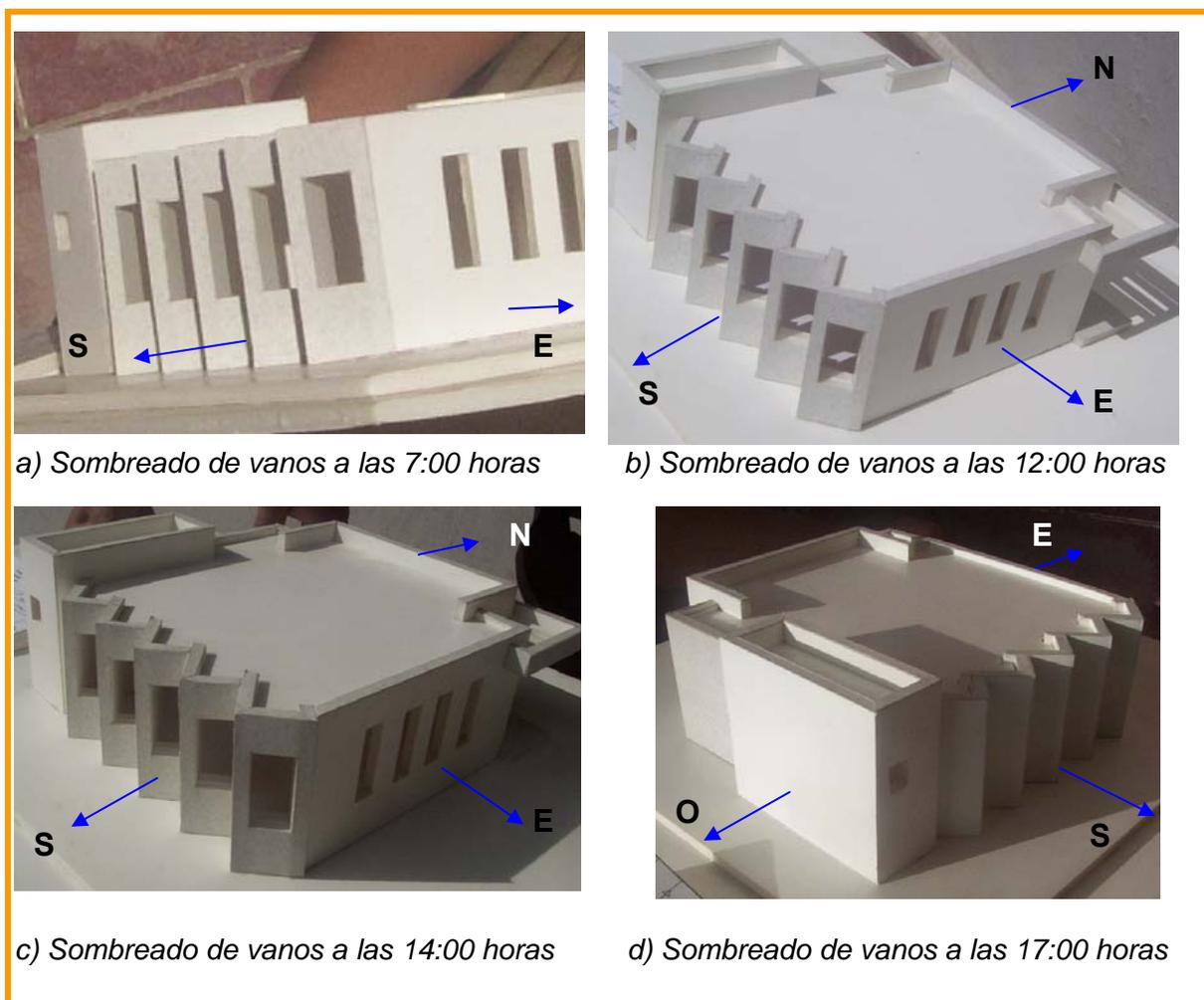


Figura 48. Funcionamiento de los dispositivos de control solar para diciembre utilizando un Gnomon en Fachada Sur.

El resultado de estos análisis indica que los dispositivos de control solar del anteproyecto funcionan correctamente y cumplen con los requerimientos horarios de calentamiento pasivo y de protección de la incidencia de los rayos solares al interior de la edificación. Por otra parte se comprueba que en los dos métodos los resultados de los análisis del funcionamiento de los dispositivos de control solar son similares.

7.2.1. Análisis de la ventilación pasiva.

El funcionamiento óptimo de la ventilación del aula-sala de juntas es esencial para contribuir al confort el confort térmico de los usuarios; por lo tanto el funcionamiento de los dispositivos de ventilación pasiva fue analizado por medio del cálculo matemático de ventilación propuesto por Fuentes (2004b) y utilizado una cámara de humo (Yarque, Fujol, Vitali y Seoane, 2004).

7.2.1.1. Cálculo de la ventilación Natural

Con el fin de corroborar si el diseño y las dimensiones de las ventanas son las correctas para cumplir con el objetivo de dotar de ventilación pasiva al interior del edificio y así lograr el confort, se realizó el cálculo matemático de ventilación natural propuesto por Víctor Fuentes (2004b).

Un factor que condiciona la posibilidad de dotar de ventilación pasiva a un edificio es la velocidad del viento, misma que es afectada por la rugosidad del terreno, pero en usos arquitectónicos solo es necesario conocer la velocidad del viento a bajos niveles de ocupación, por lo tanto se realiza la corrección de la velocidad a una altura de 2 metros sin tomar en cuenta la rugosidad del terreno; el resultado es utilizado para el cálculo de la ventilación cruzada.

Corrección por altura, independiente de la rugosidad:

$$V_2 = V_{ref} \left(4.87 / \ln(67.80 H_{met} - 5.42) \right), \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

V_2 = velocidad del viento a 2 metros de altura (m/s)

V_{ref} = velocidad de referencia o media anual (1.2 m/s)

H_{met} = altura meteorológica (de acuerdo a los estándares es 10 metros)

$$V_2 = 1.2 \left(4.87 / \ln(67.80 * 10 - 5.42) \right),$$

$$V_2 = \mathbf{0.898 \text{ m/s.}}$$

Para garantizar la calidad del aire al interior del espacio, se realiza el cálculo de la tasa de ventilación necesaria (Q_{oa}) para conservar las condiciones ideales de contenido de dióxido de carbono del aire, el cual se debe mantener en concentraciones por debajo del 0.1% (Fuentes, 2004b, p. 43).

Tasa de ventilación requerida (Q_{oa})

$$Q_{oa} = S / C_i - C_o, \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

S= tasa de emisión de contaminantes de acuerdo a la actividad m^3/h (tabla A3-1, anexo 4)

C_i = limite de gas permitido en % (para CO_2 es de 0.1%)

C_o = concentración de gas del aire que se introduce en %

$$Q_{oa} = 0.047 / 0.001 - 0.0005,$$

$$Q_{oa} = \mathbf{94.00 \text{ m}^3/h \text{ per.}}$$

Para 30 usuarios:

$$Q_{oa} = \mathbf{2820.00 \text{ m}^3/h.}$$

Con el resultado anterior se calcula el número de renovaciones de aire necesarias (N_{oa}) para un volumen interior de 188.8 m^3 .

Renovaciones necesarias (N_{oa})

$$N_{oa} = Q_{oa} / vol, \dots\dots\dots (3)$$

$$N_{oa} = 2820 / 188.8,$$

$$N_{oa} = \mathbf{14.94 = 15 \text{ renovaciones/ hora.}}$$

Además de las renovaciones de aire, la ventilación proporciona condiciones térmicas confortables debido a que contribuye con el proceso de evaporación de la transpiración de los ocupantes al pasar el viento sobre ellos, y removiendo el aire caliente del interior cambiándolo por aire fresco.

Una de las formas más eficaces para lograr una buena ventilación es diseñando dispositivos que propicien la formación de presiones positivas y negativas que puedan establecer un flujo de ventilación (ventilación cruzada). Esta estrategia es utilizada en el anteproyecto y para garantizar su funcionamiento se realiza el siguiente cálculo (Fuentes, 2004b):

Presión dinámica en barlovento (p_w):

$$p_w = 0.612 * V_2^2, \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

p_w = presión dinámica en barlovento (Pa)

V_2 = 0.898 m/s (velocidad corregida por altura)

$$p_w = 0.612 * 0.898,$$

$$p_w = \mathbf{0.494 Pa}.$$

Presión en sotavento (p):

$$p = p_w * C_p, \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

p = presión en sotavento (Pa)

p_w = presión dinámica en barlovento (Pa)

C_p = -0.3 Pa (presión negativa en sotavento)

$$p = 0.494 * -0.3,$$

$$p = \mathbf{-0.148 Pa}.$$

Por lo tanto la **tasa de ventilación real (Q)** es:

$$Q = 0.827 A (\Delta p)^{0.5}, \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

Q= tasa de ventilación real (m³/s)

A = área total de aberturas de ventilación lado Norte (m²)

Δp= diferencia entre la presión de sotavento y barlovento (Pa)

$$Q = 0.827 * 2.88 (0.494 - [-0.148])^{0.5},$$

$$Q = \mathbf{2.02 m^3/s},$$

$$Q = \mathbf{7269.25 m^3/h}.$$

Teniendo un número de **renovaciones reales (N)** de aire:

$$N = Q/vol, \dots\dots\dots (7)$$

$$N = 7269.25/188.8.$$

$$N = 38.5 = \mathbf{39 renovaciones/hora}.$$

El resultado del cálculo indica que las dimensiones propuestas en los vanos de ventilación sobrepasan en un 150% los requerimientos de la tasa de ventilación y de renovaciones de aire, por lo tanto, garantizará la calidad del aire al interior edificio así como condiciones térmicas confortables

$$Q = 7269.25 \text{ m}^3/\text{h} > Q_{oa} = 2820.00 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N = 38.5 \text{ renovaciones/hora} > N_{oa} = 14.94 \text{ renovaciones/hora}$$

En conclusión el diseño de ventilación resulta excelente para la función que desarrollará el edificio y coopera de forma importante en la obtención del confort térmico para los usuarios, por otra parte, da la oportunidad al diseñador de proponer ventanas que utilicen un doble abatimiento o que sean corredizas, aunque con éstas últimas se reduciría en un 50% las condiciones de ventilación.

7.2.1.2. Cámara de humo

Para esta prueba se construyó una cámara de humo para simular el flujo de aire por medio de la inyección de humo y permitiera analizar el comportamiento cualitativo del viento al circular a través de los vanos de ventilación propuestos (figura 49).

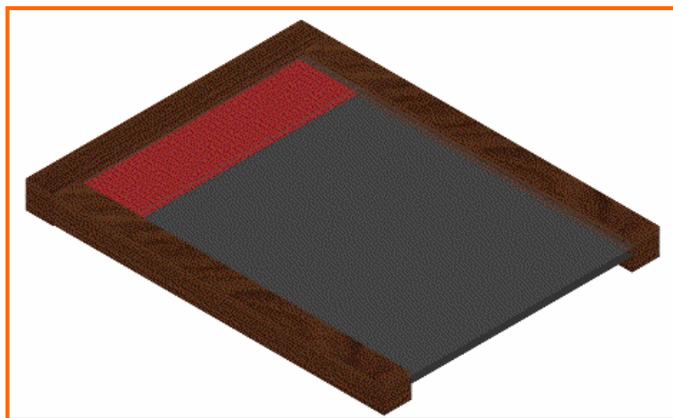


Figura 49. Cámara de humo para las pruebas de flujo de aire

Para comprobar el funcionamiento de la propuesta, se elaboró una maqueta de la planta del edificio en alto relieve a escala 1:50, y se sometió a la prueba de la cámara de humo, los resultados de la simulación usando como dirección del viento dominante el Norte (figura 50a), el Sur (figura 50b) y el Noreste (figura 50c), muestran un flujo constante al interior del espacio.

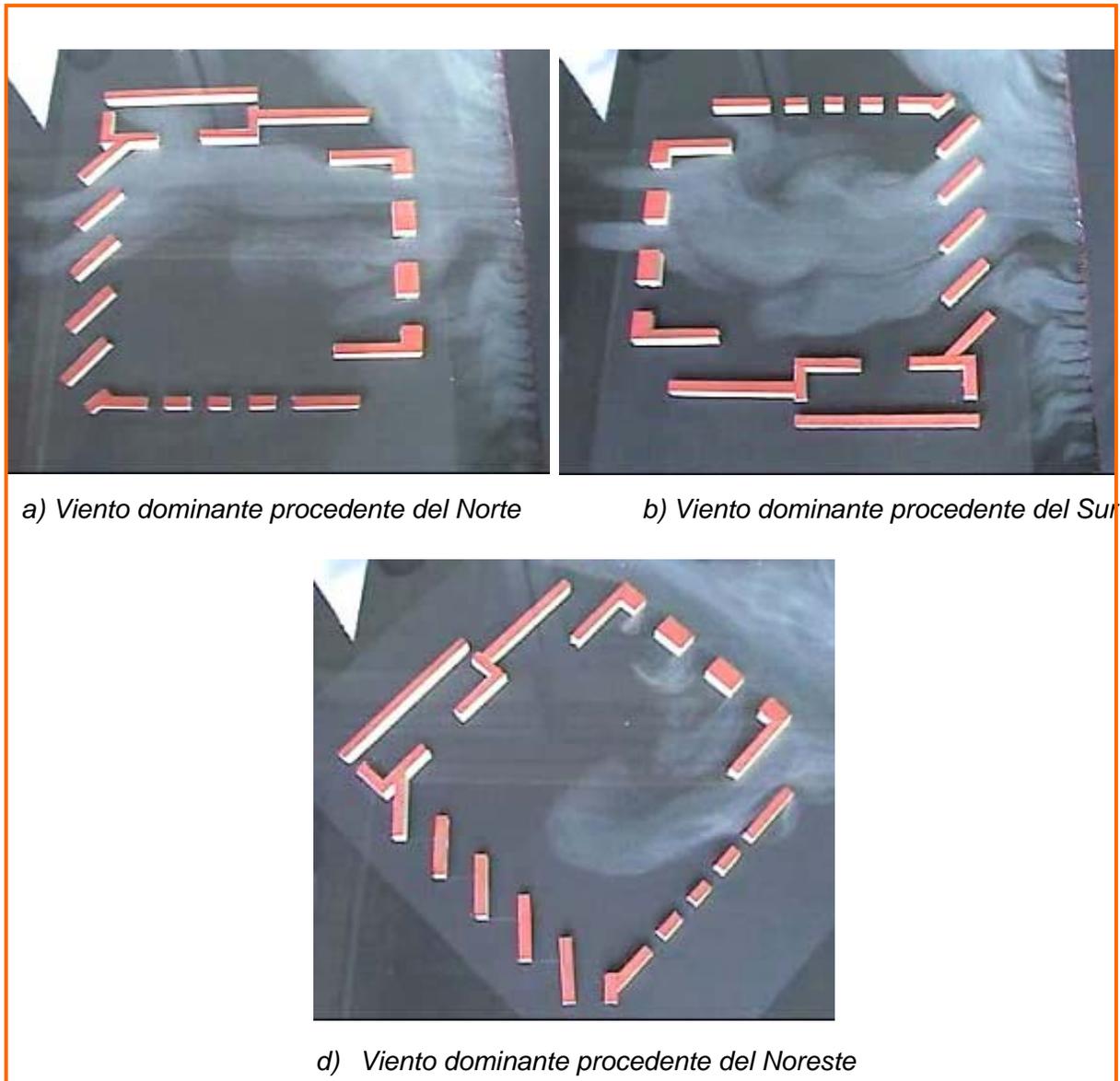


Figura 50. Comportamiento del flujo del viento a través de la cámara de humo

Con este análisis se reafirmó el resultado del cálculo de ventilación, corroborando que el diseño de los dispositivos de ventilación del aula-sala de juntas es el apropiado.

7.2.1.3. Diseño de ventanas

Con la finalidad de cumplir con los requerimientos de ventilación e iluminación, las ventanas y puertas fueron diseñadas para tener el mínimo de obstrucciones para el ingreso de la luz natural, permitir el ingreso de la mayor cantidad de aire en los horarios de sobrecalentamiento y limitar las infiltraciones de aire frío en los horarios de bajo calentamiento que producirían pérdidas térmicas al interior del edificio.

Se proponen cuatro diseños, dos para el lado Norte, uno para el Este y uno para el Sur. Las ventanas del lado Norte serán tipo gillotina, lo cual facilitará el el sellado contra las infiltraciones de viento frío, además solo estarán divididas en dos partes minimizando las obstrucciones para el ingreso de la luz natural (figura 51);

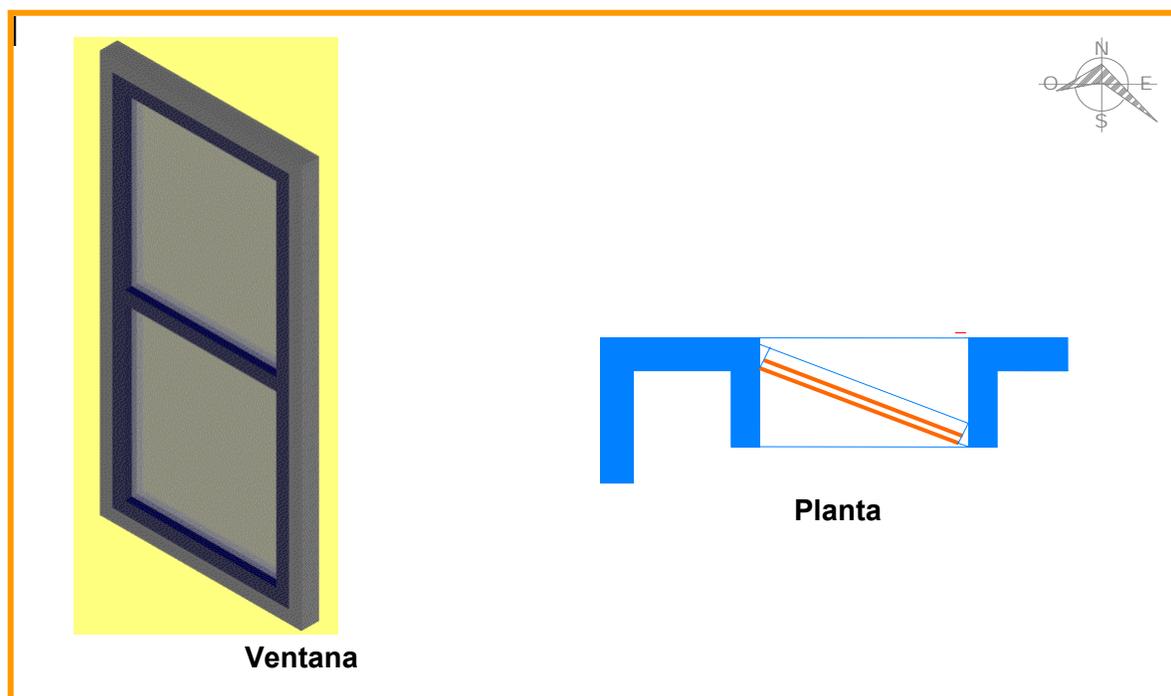


Figura 51. Diseño de ventanas para la fachada Norte.

Las puertas por su dimensión serán de doble hoja y contarán con menor área de cristal limitando el ingreso de la luz, esto debido a su menor participación a la iluminación natural (figura 52).

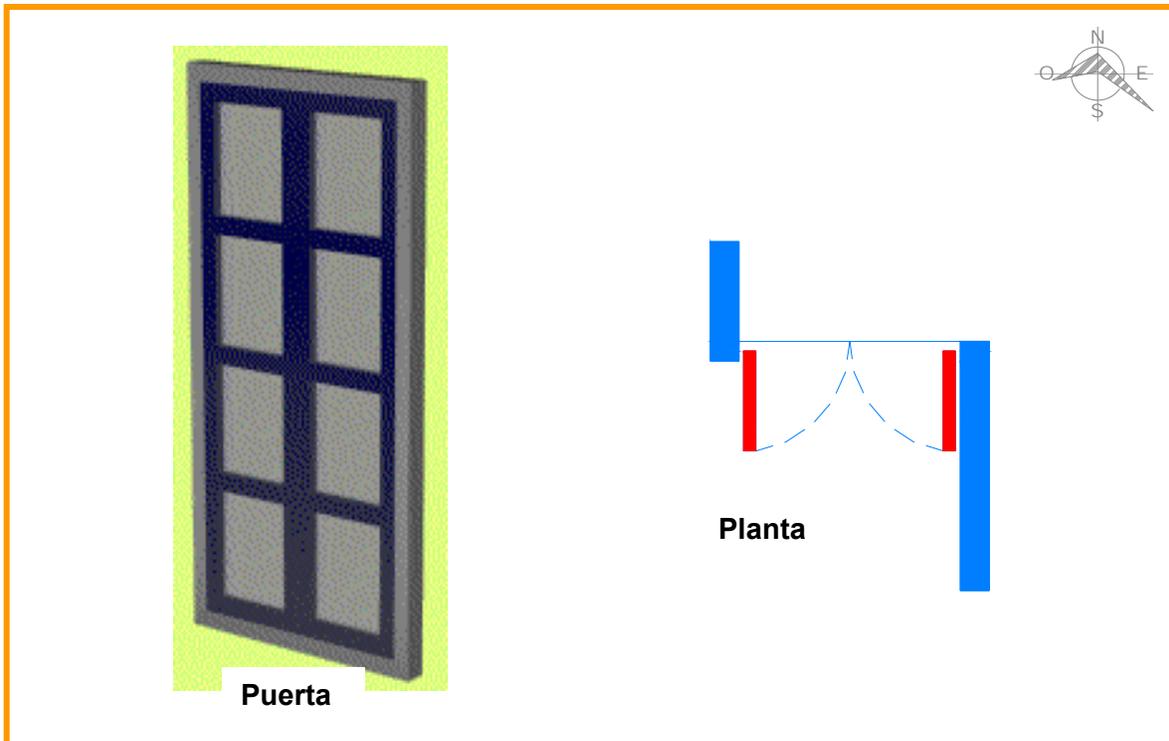


Figura 52. Diseño de puertas para la fachada Norte.

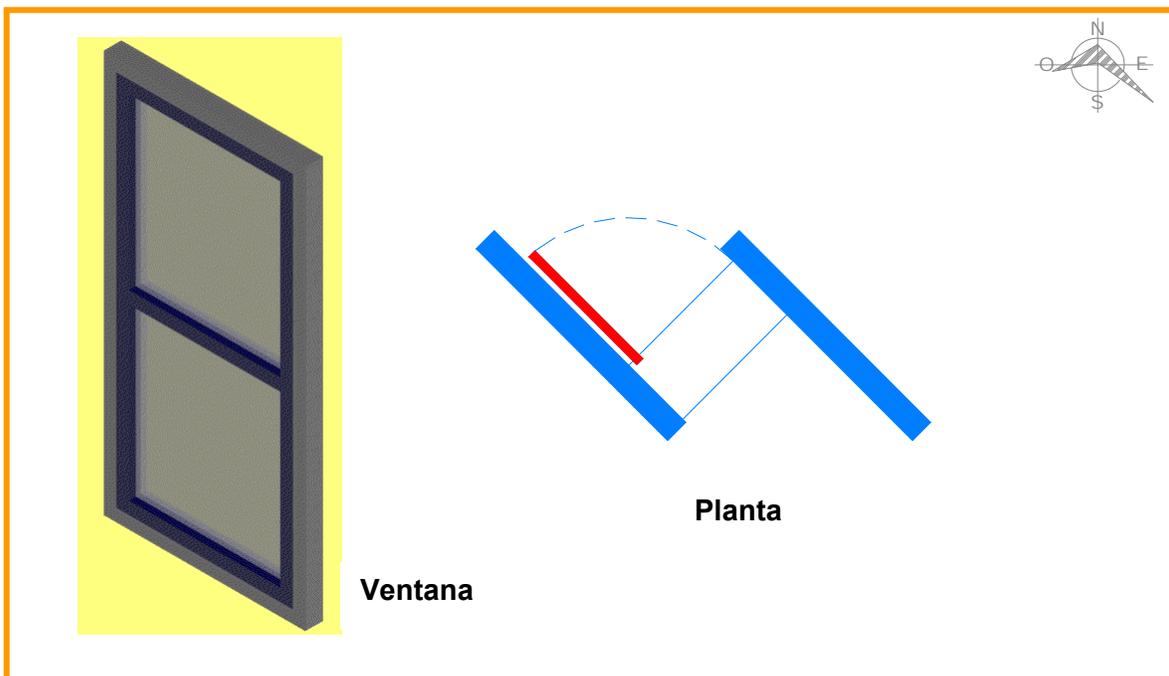


Figura 53. Diseño de ventanas para la fachada Sur.

Las ventanas del lado Sur serán de una hoja con una sola división maximizando el ingreso de luz diurna (figura 53). Finalmente las ventanas del lado

Estas serán fijas debido a que cumplirán con la función de permitir el paso de la radiación solar y la luz diurna, pero no participarán en la ventilación del inmueble, por lo consiguiente su diseño solo consistirá en un rectángulo dividido en dos secciones en el claro largo (figura 54).

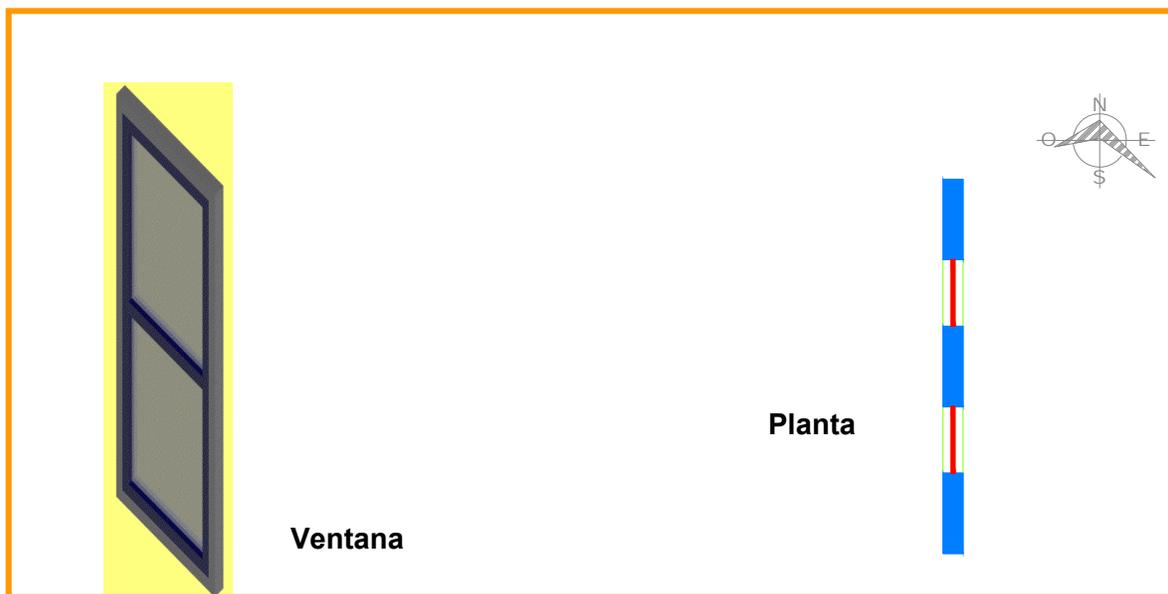


Figura 54. Diseño de ventanas para la fachada Este.

Las puertas y ventanas serán elaboradas a base de perfiles de aluminio y cristales de 3 mm, además contarán con la incorporación de un alero para contribuir con el sellado y evitar la entrada del aire hacia el interior y tratar de esta manera de minimizar las infiltraciones y pérdidas térmicas (figura 55). Esta propuesta deberá ser analizada con los fabricantes de perfiles para comprobar la factibilidad de construcción del dispositivo.

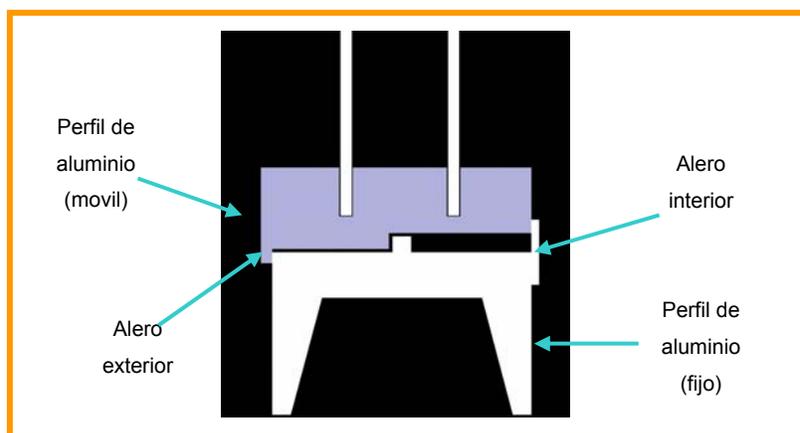


Figura 55. Diseño de estructura para puertas y ventanas

7.2.2. Cálculo de iluminación natural

En el siguiente diagrama (figura 56) se observa el procedimiento para elaborar “Cálculo del factor de luz Diurna” propuesto Szokolay (1980) en el cual se consideró todas las ventanas del edificio para obtener el porcentaje total de iluminación natural.

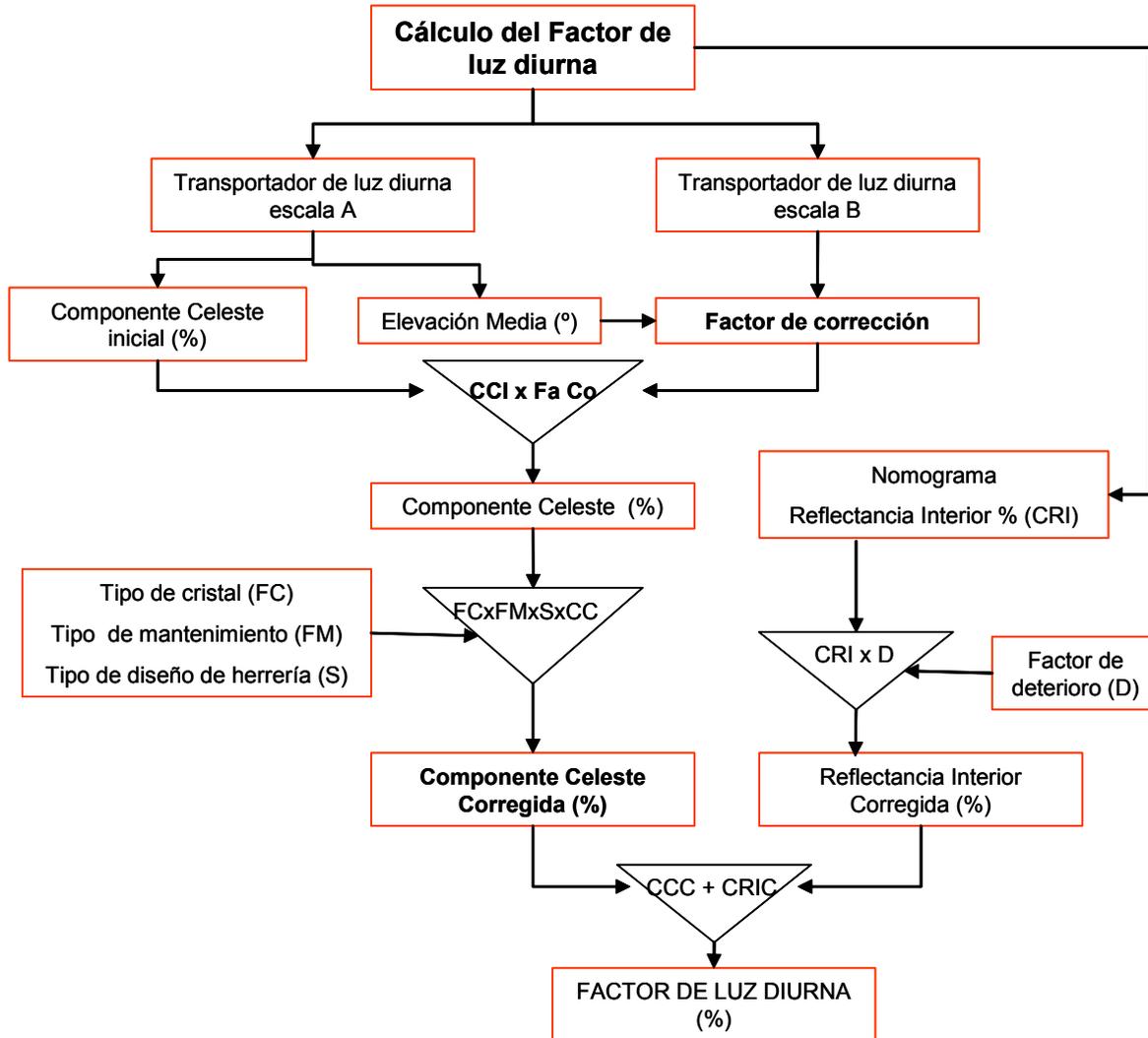


Figura 56. Diagrama de flujo para el cálculo del factor de luz diurna

Los resultados del cálculo indican que el factor de luz diurna (FD) en las áreas de trabajo (tabla 18 y figura 57) está por encima del 2% propuesto por Szokolay. El FD fue convertido a luxes ($1\% \text{ FD} = 100 \text{ lux/m}^2$) para ser comparado con las cantidades mínimas de iluminación requeridas por el reglamento de construcción para el estado de Oaxaca que en su Capítulo VII, Artículo 105.- Niveles de

iluminación establece que para el uso de un aula se requiere como mínimo 150 lux/m². En el 95% de los puntos analizados el nivel de iluminación es mayor al recomendado por el reglamento.

Tabla 18. Porcentaje de factor de luz diurna y luxes/m².

FACTOR DE LUZ DIURNA (FD %)													
REFERENCIA	REFERENCIA DE VENTANA										TOTAL	LUXES	
CUADRICULA	Ventana N-1	Ventana N-2	Ventana S-1	Ventana S-2	Ventana S-3	Ventana S-4	Ventana S-5	Ventana E-1	Ventana E-2	Ventana E-3	FD %	m2	
A	2	0.32	0.30	1.01	0.42				0.54	0.54	0.54	3.67	367.47
	3	0.32	0.31	0.42	0.90	0.51			0.57	0.57	0.57	4.17	416.95
	4	0.31	0.32	0.46	0.42	0.97	0.58		0.54	0.54	0.54	4.69	468.57
	5	0.30	0.32	0.46		0.42	0.92	4.50	0.52	0.52	0.52	8.47	846.68
B	2	0.38	0.30	0.45	0.31				1.00	1.00	1.00	4.45	444.68
	3	0.38	0.33	0.41	0.44	0.34			0.79	0.79	0.79	4.29	429.01
	4	0.33	0.38	0.41	0.34	0.44	0.37		0.55	0.55	0.55	3.93	393.18
	5	0.30	0.38		0.30	0.40	0.43	1.21	0.53	0.53	0.53	4.60	460.33
C	2	0.52	0.29	0.34	0.30				1.64	1.64	1.64	6.36	636.08
	3	0.57	0.37	0.34	0.34	0.31			0.73	0.73	0.73	4.11	411.17
	4	0.37	0.57	0.33	0.35	0.33	0.32		0.58	0.58	0.58	4.00	399.69
	5	0.29	0.52	0.31	0.32	0.34	0.34	0.66	0.53	0.53	0.53	4.38	437.59
D	2	0.59	0.51	0.31	0.29				0.64	0.64	0.64	3.62	362.33
	3	1.27	1.27	0.31	0.30	0.29			0.65	0.65	0.65	5.39	539.20
	4	0.51	0.59	0.30	0.30	0.30	0.29		0.54	0.54	0.54	3.92	392.04
	5			0.30	0.30	0.31	0.31		0.52	0.52	0.52	2.79	278.58
E	2			0.29	0.29			0.44				1.03	102.69
	3			0.29	0.29	0.29			0.52	0.52	0.52	2.45	244.61
	4			0.30	0.29	0.29	0.29		0.52	0.52	0.52	2.73	272.97
	5			0.29	0.30	0.30	0.30	0.36	0.52	0.52	0.52	3.09	308.90

Con los resultados anteriores, se observa que la cantidad de iluminación natural que ingresa al espacio cumple con los requerimientos para funcionar como aula, exceptuando el nodo E₂ el cual solo tiene el 1% de FD y 102.69 luxes/m², pero resulta provechoso debido a que en la zona del eje E se colocará el área de proyección. Se tiene finalmente un 4.11 de %FD y 410.69 luxes/m² promedio de iluminación natural dentro del aula-sala de juntas, por lo consiguiente la iluminación artificial solo será requerida en los horarios nocturnos y cuando las condiciones del

medio ambiente provoquen niveles bajos de luminosidad.



Figura 57. Porcentajes del factor de luz diurna en el área de trabajo (planta arquitectónica)

7.3. Evaluación Energética-Económica

Para la **evaluación energética** del proyecto en estudio se utilizó la norma NOM-008-ENER-2001 “Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales” en la cual se considera la capacidad que tiene la edificación de tener ganancias de calor a través de la envolvente. Los resultados de la evaluación por medio de la norma ayudan a corroborar los obtenidos del control solar y ventilación; además, se obtiene información sobre el ahorro en el consumo

energético para una posterior evaluación económica.

Los materiales constructivos que se propusieron para la edificación fueron ferrocemento para el lado exterior y mortero con cartón como aislante para el interior, el uso de estos materiales responde a la necesidad de mejorar las propiedades del ferrocemento así como la posibilidad de evaluar otros materiales que brinden confort a las edificaciones.

Para este análisis primeramente se tomó en consideración los diferentes materiales que conforman la envolvente (tabla 19), utilizando sus respectivos coeficientes de transferencia de calor que proporciona la norma en sus tablas de referencia.

Tabla 19. Materiales que conforman los componentes constructivos con sus conductividades térmicas propuestos por la Norma.

Componente Constructivo muro M_1	Espesor m	Componente Constructivo cubierta C_1	Espesor m	Conductividad Térmica w/mK
mortero	0.025	Mortero	0.050	0.63
Cartón	0.010	Cartón	0.015	0.50
Aire	0.090	Aire	0.060	0.031
Mortero	0.025	Mortero	0.025	0.63

En el diagrama de flujo de la figura 58 se presenta la secuencia del cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente de edificaciones no residenciales, para obtener un presupuesto de ahorro energético y la evaluación para el cumplimiento o incumplimiento de la norma NOM-008-ENER-2001 para inmueble analizado de acuerdo con los parámetros marcados por la misma.

Con la finalidad de homogenizar la terminología utilizada en los formatos para realizar el cálculo de ganancias de calor que proporciona la norma, la palabra techo se cambio por la palabra cubierta, que es un termino más específico con la referente a las edificaciones, de la misma manera se utilizó la palabra muro para sustituir el termino pared.

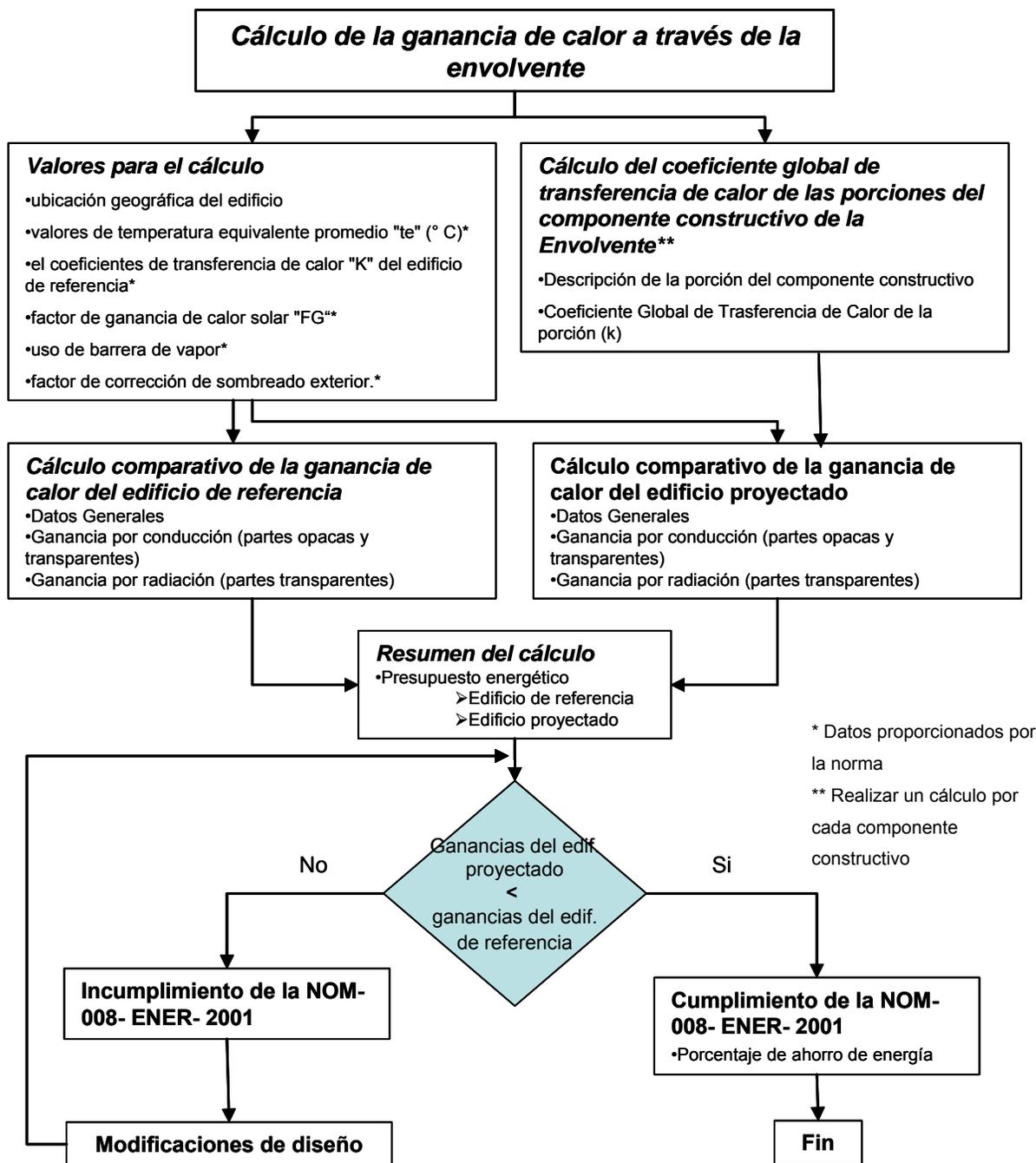


Figura 58. Diagrama de flujo para el cálculo de ganancias de calor a través de la envolvente.

Para realizar el comparativo de ganancias de calor, la norma propone un edificio de referencia, que es el edificio que conservando la misma orientación, las mismas condiciones de colindancia y las mismas dimensiones en planta y elevación del edificio proyectado, es utilizado para determinar un presupuesto energético máximo; el edificio proyectado es el edificio a construir.

Valores para el cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente de acuerdo a la NOM-08- ENER-2001

Datos generales

Ciudad	Santa Cruz Xoxocotlán
Latitud	17° 03'

Temperatura equivalente promedio "te" (° C)*

a) Cubierta	37		b) Superficie inferior	26	
c) Muros	Masivos	Ligero	d) Partes Transparentes (domos y ventanas)		
Norte		30	tragaluz y domo	22	
Este		33	Norte	23	
Sur		32	Este	24	
Oeste		32	Sur	24	
			Oeste	24	

Coefficientes de transferencia de calor "K" del edificio de referencia (W/m²K)*

Cubierta	0.39	Muro	2.20
Tragaluz y domo	5.95	Ventana	5.32

Factor de ganancia de calor solar "FG" (w/m²)*

Tragaluz y domo	272
Norte	102
Este	140
ur	114
Oeste	134

Barrera para vapor*

Si	<input type="checkbox"/>	No	<input checked="" type="checkbox"/>
----	--------------------------	----	-------------------------------------

Factor de corrección de sombreado exterior (SE)**

Número (***)	1	2	3
Tipo de sombreado(****)	3	3	3
L / H o P / E	0.31	0.13	0.31
W / H o W / E	0.56	0.29	0.56
Norte	0.45		
Este / Oeste		0.80	
Sur			0.57

* Los valores se obtienen de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma.

** Los valores se obtienen de las tablas para determinar el Factor de Corrección de Sombreado Exterior (SE), por el uso de volados, ventanas remetidas y partesoles para diferentes orientaciones y latitudes (tablas 2,3,4 y 5) del Apéndice A de la Norma.

*** Si las ventanas tienen algún tipo de sombreado, usar una columna para cada tipo.

**** Indicar el tipo sombreado: 1 volado simple, 2 volado extendido y 3 ventana remetida

L = Saliente del partesol H = Altura del Volado P = Profundidad de ventana E = Altura de ventana

W = Ancho de ventana

Los valores para el cálculo de ganancias de calor a través de la envolvente toman en consideración la ubicación geográfica del edificio, para que por medio de tablas proporcionadas por la misma norma, se localicen los valores de temperatura equivalente promedio "te" (° C), el coeficiente de transferencia de calor "K" del edificio de referencia, el factor de ganancia de calor solar "FG", el uso de barrera de vapor y el factor de corrección de sombreado exterior. Todo esto basado en los estudios realizados por Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE) con el apoyo del Instituto de Investigaciones Eléctricas localizado en Cuernavaca, Morelos.

Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor de las porciones de la envolvente de los muros

Descripción de la porción del componente constructivo	Componente M₁	Número(*)	1
---	---------------------------------	-----------	----------

Componente de la envolvente	
Cubierta <input type="checkbox"/>	Muro <input checked="" type="checkbox"/>

Material (**)	Espesor (m) l	Conductividad térmica(***) W/mK h o λ	M Aislamiento térmico (m ² K/W) [l/(h o λ)]
Convección Exterior (****)	1.0	13.000	0.077
Mortero	0.025	0.630	0.040
Cartón	0.010	0.500	0.020
Mortero	0.025	0.630	0.040
aire	0.090	0.031	2.903
Convección interior	1.0	9.400	0.106

Para obtener el aislamiento total, sumar la **M** de todos los materiales más la convección exterior e interior
M **3.186** (m²K/W)
 [Fórmula **M**= ΣM]

Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k)
K **0.314** W/m²K
 [Fórmula **K**= 1/M]

* Dar un número consecutivo, el cual será indicado en el apartado ganancias por conducción

** Anotar los materiales que forman la porción, ejemplo: muro de tabique-repellado exterior-yeso.

*** Para los materiales se utiliza los valores de λ del apéndice D de la Norma, o los proporcionados por el fabricante (h).

**** Para la convección exterior e interior se utiliza los valores de λ, calculados de acuerdo al apéndice B de la Norma.

Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor de las porciones de la envolvente de la cubierta

Descripción de la porción del componente constructivo

Componente **C₁**

Número(*)

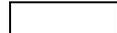
2

Componente de la envolvente

Cubierta



Muro



Material (**)	Espesor (m) l	Conductividad Térmica(***) w/mK h o λ	M Aislamiento térmico (m ² K/W) [l/(h o λ)] ^g
Convección Exterior (****)	1.0	13.00	0.077
Mortero	0.050	0.63	0.079
Cartón	0.015	0.50	0.030
Mortero	0.025	0.63	0.040
aire	0.060	0.031	1.935
Convección interior	1.0	9.4	0.106

Para obtener el aislamiento total, sumar la **M** de todos los materiales más la convección exterior e interior
[Fórmula **M**= ΣM] **M** (m²K/W)

Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k)
[Fórmula **K**= 1/M] **K** W/m²K

* Dar un número consecutivo, el cual será indicado en el apartado ganancias por conducción

** Anotar los materiales que forman la porción, ejemplo: muro de tabique-repellado exterior-yeso.

*** Para los materiales se utiliza los valores de λ del apéndice D de la Norma, o los proporcionados por el fabricante (h).

**** Para la convección exterior e interior se utiliza los valores de λ , calculados de acuerdo al apéndice B.

El componente constructivo del muro **M₁** (tabla 19) de acuerdo a la norma tiene un coeficiente global de transferencia de calor de la porción de 0.31 W/m²K y el componente constructivo de la cubierta **C₁** (tabla 19) de 0.44 W/m²K.

Cálculo comparativo de la ganancia de calor del edificio de referencia

Datos Generales

Temperatura interior (t)	25° C (constante)	$\phi_{rci} = [K * A * F * (te - t)]$
----------------------------	--------------------------	---------------------------------------

Donde:

ϕ_{rci} = Ganancias por conducción

K = Coeficiente global de transferencia de calor

A = Área del edificio proyectado

F = Fracción de la componente constructiva

te = Temperatura equivalente

t = Temperatura interior

Ganancia por conducción del edificio de referencia (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coeficiente global de transferencia de calor W/m ² K [K]	Área del edificio proyectado m ² [A]	Fracción de la componente [F]	Temperatura a equivalente [te]	Ganancia por Conducción Φ_{rci} (*) W
Cubierta	0.39	67.32	0.95	37	300.07
Tragaluz y domo	5.952		0.05	22	-60.10
Muro norte	2.20	34.64	0.6	30	228.62
Ventana Norte	5.319		0.4	23	-147.40
Muro este	2.20	28.16	0.6	33	297.37
Ventana este	5.319		0.4	24	-59.91
Muro Sur	2.20	36.1	0.6	32	333.56
Ventana Sur	5.319		0.4	24	-76.81
Muro oeste	2.20	29.32	0.6	32	270.92
Ventana oeste	5.319		0.4	24	-62.38

*Nota: Si los valores son negativos significa una bonificación, por lo que deben sumarse algebraicamente

subtotal

1023.94

Ganancia por radiación del edificio de referencia (partes transparentes)

$$\phi_{rs} = [CS * A * F * FG]$$

Donde:

ϕ_{rs} = Ganancias por radiación

CS= Coeficiente de sombreado

A = Área del edificio proyectado

F = Fracción de la componente constructiva

FG = Temperatura equivalente

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente de sombreado (CS)	Área del edificio proyectado m ² [A]	Fracción de la componente [F]	Temperatura equivalente [FG]	Ganancia por Radiación Φ_{rs} (*) W
Tragaluz y domo	0.85	0	0.05	22	0
Ventana Norte	1.0	9.12	0.4	23	372.096
Ventana este	1.0	2.26	0.4	24	126.336
Ventana Sur	1.0	7.20	0.4	24	328.32
Ventana oeste	1.0	0	0.4	24	0
subtotal					826.752
Ganancias de calor totales					1850.694

Valores constantes

Las ganancias por conducción del edificio de referencia son de **1023.942 W**, en tanto las ganancias de radiación son de **826.752 W**, teniendo una ganancia de calor total de **1850.694 W**.

Cálculo comparativo de la ganancia de calor del edificio proyectado

Datos generales

Temperatura interior (t) 25 ° C (constante)

$$\phi_{pc} = [K * A * F * (te - t)]$$

Donde:

ϕ_{pc} = Ganancias por conducción

K = Coeficiente global de transferencia de calor

A = Área del edificio proyectado

F = Fracción de la componente constructiva

te = Temperatura equivalente

t = Temperatura interior

Ganancia por conducción del edificio proyectado (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Coeficiente global de transferencia de calor (K)		Área del edificio m ² [A]	Fracción de la componente [F]	Temperatura Equivalente [°C] [te]	Ganancia por conducción Φ_{pc} (****) W
	Número de la porción(**)	Valor calculado W/m ² K(****)				
1.1	2	0.441	67.320	1.00	37.000	356.257
4.2	1	0.314	34.640	0.74	30.000	40.245
4.3	1	0.314	28.160	0.82	33.000	58.005
4.4	1	0.314	36.100	0.80	32.000	63.478
4.5	1	0.314	29.320	1.00	32.000	64.455
subtotal (Sumar todas las Φ_{pc})						582.431

* Abreviatura considerando tipo: 1 techo, 2 tragaluz, 3 domo, 4 muro y 5 ventana; como orientación: 1 techo, 2 Norte, 3 Este, 4 Sur, 5 Oeste y 6 superficie inferior, ejemplo "4.2" corresponde a muro en la orientación Norte.

** Numero consecutivo asignado en el cálculo de coeficiente global de transferencia de calor.

*** Valor obtenido en el cálculo de coeficiente global de transferencia de calor.

**** Si los valores son negativos significa una bonificación, por lo que deben sumarse algebraicamente

Ganancias por radiación del edificio proyectado (partes transparentes)

$$\phi_{ps} = [CS * A * FG * SE]$$

Donde:

ϕ_{ps} = Ganancias por conducción

CS = Coeficiente de sombreado

A = Área del edificio proyectado

F = Fracción de la componente constructiva

FG = Temperatura equivalente

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Material (**)	Coeficiente de sombreado (CS) (***)	Área del edificio proyectado m ² [A]	Ganancias de calor [W/m ²] [FG]	Factor de Sombreado exterior [SE] (****)		Ganancia por Radiación Φ_{ps} W
					Número	Valor	
3.2	CLARO	0.790	9.120	102.000	1	0.450	330.700
3.3	CLARO	0.790	2.256	140.000	2	0.800	199.611
3.4	CLARO	0.790	7.200	114.000	3	0.570	369.606
subtotal (Sumar todas las Φ_{ps})							899.92
Ganancias de calor totales							1482.35

* Abreviatura considerando tipo: 1 tragaluz, 2 domo, 3 ventana y como orientación: 1 techo, 2 Norte, 3 Este, 4 Sur, 5 Oeste. Ejemplo "3.5" corresponde a una ventana en la orientación Oeste.

** Especifique la característica del material, por ejemplo: claro, entintado, etc.

*** Dato proporcionado por el fabricante.

**** Si la ventana tiene sombreado, el número y el "SE" se obtienen del inciso factor de corrección de sombreado exterior, y si la ventana no tiene sombreado se deja en blanco el espacio para el número y el "SE" es 1,0.

Para el edificio proyectado las ganancias de calor por conducción son de **582.43 W** y las ganancias de calor por radiación son de **899.91 W**, teniendo una ganancias de calor totales de **1482.34 W**.

Análisis comparativo de ganancias entre el edificio de referencia y el proyectado

Presupuesto energético						
Edificio	Ganancia por Conducción (W)		Ganancia por Radiación (W)		Ganancia Total (W)	
	ϕ_{rci}		ϕ_s		ϕ_r	
Referencia	ϕ_{rci}	1023.94	ϕ_s	826.75	ϕ_r	1850.69
Proyectado	ϕ_{pc}	582.43	ϕ_{ps}	899.91	ϕ_p	1482.34
Porcentaje de ahorro energético						19.90 %

Cumplimiento

Si($\phi_r > \phi_p$)



No($\phi_r < \phi_p$)



El resultado del cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente utilizando los datos teóricos propuestos por la norma indican que el edificio **cumple** con la Norma NOM-008-ENER-2001, teniendo un porcentaje de ahorro energético del **19.90 %** con respecto al edificio de referencia.

Posteriormente se realizó el cálculo de la ganancia de calor del edificio proyectado utilizando los coeficientes globales de transferencia de calor de los componentes constructivos (tabla 20) diseñados y evaluados por Hernández (2006). Para este caso se tomaron los valores para el cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente y el cálculo comparativo de la ganancia de calor del edificio de referencia elaborado anteriormente, realizando únicamente el cálculo comparativo de la ganancia de calor del edificio proyectado, ganancia por conducción y radiación y el análisis comparativo.

Tabla 20. *Materiales que conforman los componentes constructivos y su coeficiente de global transmisión térmica de acuerdo a Hernández (2006).*

Componente Constructivo muro M_{1H}	Espesor m	Componente Constructivo cubierta C_{1H}	Espesor m
mortero	0.025	Mortero	0.050
Cartón	0.010	Cartón	0.015
Aire	0.090	Aire	0.060
Mortero	0.025	Mortero	0.025
Coeficiente global de transferencia de calor del componente W/m^2K	0.32	Coeficiente global de transferencia de calor del componente W/m^2K	0.25

Cálculo comparativo de la ganancia de calor del edificio proyectado utilizando el componente constructivo propuesto por Hernández (2006)

Datos generales

Temperatura interior (t) 25 ° C (constante)

$$\phi_{pc} = [K * A * F * (te - t)]$$

Donde:

ϕ_{pc} = Ganancias por conducción

K = Coeficiente global de transferencia de calor

A = Área del edificio proyectado

F = Fracción de la componente constructiva

te = Temperatura equivalente

t = Temperatura interior

Ganancia por conducción del edificio proyectado (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Coeficiente global de transferencia de calor (K)		Área del edificio m ² [A]	Fracción de la componente [F]	Temperatura Equivalente [°C] [te]	Ganancia por conducción Φ_{pc} (****) W
	Número de la porción(**)	Valor calculado W/m ² K(***)				
1.1	2	0.25	67.32	1.00	37.00	201.96
4.2	1	0.32	34.64	0.74	30.00	41.01
4.3	1	0.32	28.16	0.82	33.00	59.11
4.4	1	0.32	36.10	0.80	32.00	64.69
4.5	1	0.32	29.32	1.00	32.00	65.68
subtotal (Sumar todas las Φ_{pc})						432.45

* Abreviatura considerando tipo: 1 techo, 2 tragaluz, 3 domo, 4 muro y 5 ventana; como orientación: 1 techo, 2 Norte, 3 Este, 4 Sur, 5 Oeste y 6 superficie inferior, ejemplo "4.2" corresponde a muro en la orientación Norte.

** Numero consecutivo asignado en el cálculo de coeficiente global de transferencia de calor.

*** Valor obtenido en el cálculo de coeficiente global de transferencia de calor.

**** Si los valores son negativos significa una bonificación, por lo que deben sumarse algebraicamente

Ganancias por radiación del edificio proyectado (partes transparentes)

$$\phi_{ps} = [CS * A * FG * SE]$$

Donde:

ϕ_{ps} = Ganancias por conducción

CS = Coeficiente de sombreado

A = Área del edificio proyectado

F = Fracción de la componente constructiva

FG = Temperatura equivalente

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Material (**)	Coeficiente de sombreado (CS) (***)	Área del edificio proyectado m ² [A]	Ganancias de calor [W/m ²] [FG]	Factor de Sombreado exterior [SE] (****)		Ganancia por radiación Φ_{ps} W
					Número	Valor	
3.2	CLARO	0.790	9.120	102.000	1	0.450	330.700
3.3	CLARO	0.790	2.256	140.000	2	0.800	199.611
3.4	CLARO	0.790	7.200	114.000	3	0.570	369.606
subtotal (Sumar todas las Φ_{ps})							899.91
Ganancias de calor totales							1332.36

* Abreviatura considerando tipo: 1 tragaluz, 2 domo, 3 ventana y como orientación: 1 techo, 2 Norte, 3 Este, 4 Sur, 5 Oeste. Ejemplo "3.5" corresponde a una ventana en la orientación Oeste.

** Especifique la característica del material, por ejemplo: claro, entintado, etc.

*** Dato proporcionado por el fabricante.

**** Si la ventana tiene sombreado, el número y el "SE" se obtienen del inciso factor de corrección de sombreado exterior, y si la ventana no tiene sombreado se deja en blanco el espacio para el número y el "SE" es 1.0.

Análisis comparativo de ganancias entre el edificio de referencia y el proyectado

Presupuesto energético						
Edificio	Ganancia por Conducción (W)		Ganancia por Radiación (W)		Ganancia Total I (W) $\phi_r = \phi_{rci} + \phi_{rs}$ $\phi_p = \phi_{pc} + \phi_{ps}$	
Referencia	ϕ_{rci}	1023.94	ϕ_{rs}	826.75	ϕ_r	1850.69
Proyectado	ϕ_{pc}	432.45	ϕ_{ps}	899.91	ϕ_p	1332.36
Porcentaje de ahorro energético						28.01%

Cumplimiento

Si($\phi_r > \phi_p$)



No($\phi_r < \phi_p$)



El resultado del cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente utilizando los datos propuestos Hernández muestra que el edificio **cumple** con la Norma NOM-008-ENER-2001, teniendo un porcentaje de ahorro energético del **28.01%** con respecto al edificio de referencia. Por lo tanto ya sea utilizando los valores de conducción térmica propuestos por la norma o usando los valores obtenidos en la investigación de Hernández, el edificio diseñado cumple con la norma; aunque, es preferible obtener los valores del coeficiente global de transferencia de calor del componente constructivo a través de experimentación, debido a que da un panorama real del comportamiento térmico del mismo, hecho que se hace notable en la diferencia de porcentaje de ahorro usando el valor teórico (19.90%) y el valor obtenido de experimentación (28.01%).

En la figura 59 se observa las ganancias de calor totales del edificio de referencia y las ganancias de totales del edificio de referencia, usando los datos proporcionados por la norma y usando los resultados de la investigación de Hernández (2004). En tanto, en la figura 60 se observa los porcentajes de ahorro energético utilizando los mismos datos.

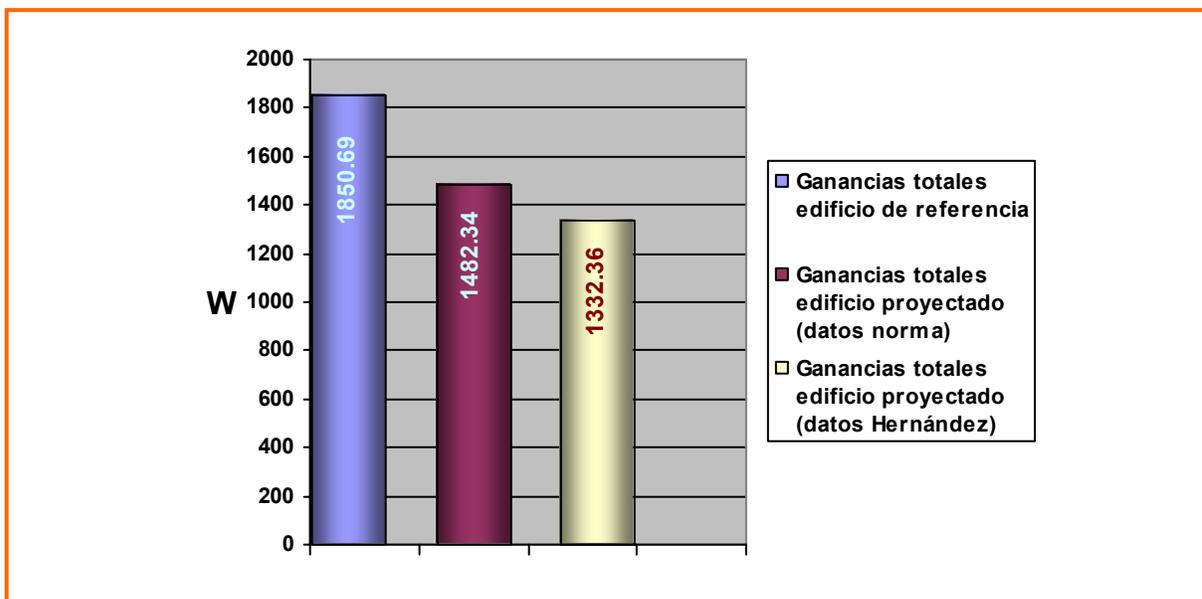


Figura 59. Ganancias totales de calor del edificio de referencia y del edificio proyectado.

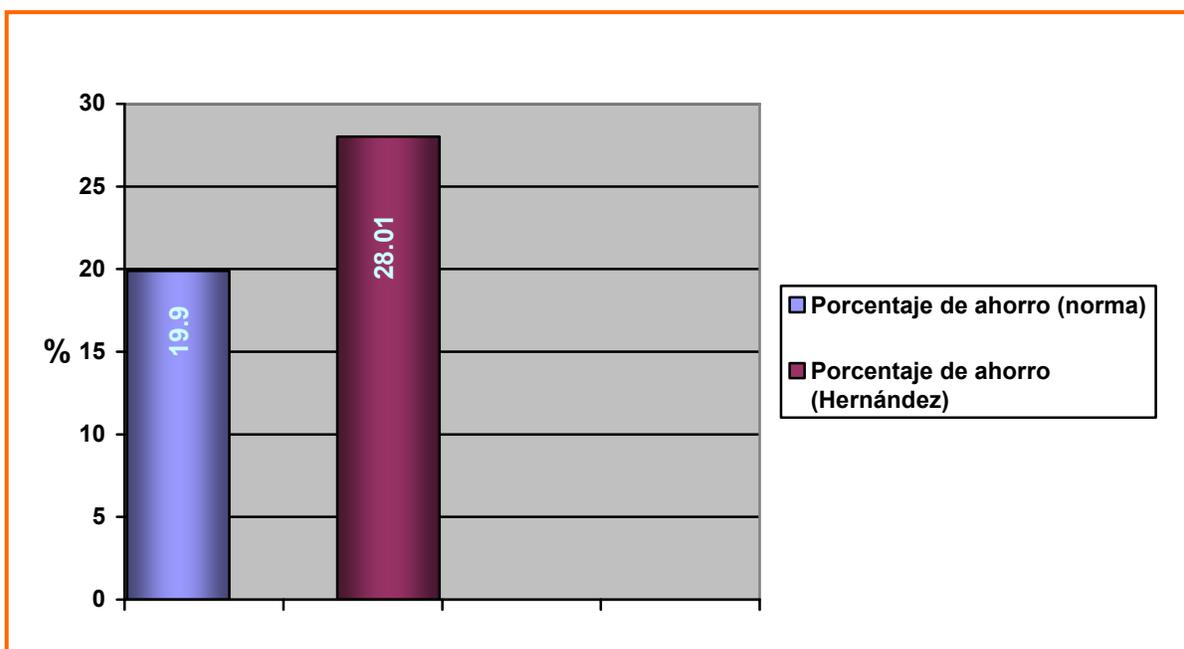


Figura 60. Porcentajes de ahorro de energético para el edificio proyectado utilizando los datos propuestos en la norma y por Hernández (2006).

En conclusión, la incorporación de las estrategias de diseño bioclimático al diseño arquitectónico y la utilización del componente constructivo a base de placas de ferrocemento con aislante térmico participan en el cumplimiento de los requerimientos marcados por la norma de ahorro energético.

Para la **evaluación económica** se utilizaron los resultados de ahorro energético por disminución de ganancias térmicas usando los componentes constructivos de Hernández (2006), y el ahorro energético en iluminación por el uso de luz natural. Los resultados del cálculo energético se traducen en ahorro económico de la siguiente manera:

El ahorro energético en watts se obtuvo de la diferencia entre las ganancias de calor totales del edificio de referencia y del edificio proyectado del cálculo de ganancias de calor usando los componentes constructivos M_{1H} y C_{1H} (tabla 20).

$$1850.69 \text{ W} - 1332.37 \text{ W} = \mathbf{518.32 \text{ W}}$$

Se propone un uso para el aula-sala de juntas de 12 horas diarias de lunes a viernes, dando un total de 240 horas mensuales. De acuerdo a la Comisión Federal de Electricidad el Consumo mensual en kWh se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Consumo mensual} &= (W/1000) \text{ hora} \\ \text{Consumo mensual} &= (518.32/1000) 240 = \mathbf{124.40 \text{ kWh}} \end{aligned}$$

Por lo tanto el edificio tiene un ahorro energético de 124.40 kWh mensuales, este resultado se multiplica por el costo del kWh de acuerdo a la forma de cobro y tarifa otorgada por la Comisión Federal de Electricidad para el mes de junio de 2006, para un uso a baja tensión con demandas de hasta 25 kilowatts en cualquier tipo de inmueble (tabla 21).

Tabla 21. Ahorro mensual en consumo energético por disminución de ganancias de calor para el aula sala de juntas.

Concepto	kWh	Precio	Total
1er escalón	100	1.577	\$ 157.70
2do escalón	24.40	1.904	\$ 46.45
Suma			\$ 204.15

Finalmente la edificación genera un ahorro de \$ 204.15 pesos por concepto de disminución de ganancias de calor a través de su envolvente.

En cuestión de iluminación artificial, para el inmueble se proyectó la instalación de 6 gabinetes con 2 lámparas de 32 W cada uno; tomando 240 horas de uso se calculó el consumo mensual teniendo un costo de consumo de energía eléctrica de \$ 145.34 pesos (tabla 22).

$$\begin{aligned} \text{Consumo mensual} &= (W/1000) \text{ hora} \\ \text{Consumo mensual} &= (384/1000) 240 = \mathbf{92.16 \text{ kWh}} \end{aligned}$$

Tabla 22. Costo del consumo de energía por iluminación artificial para el aula sala de juntas.

Concepto	kWh	Precio	Total
1er escalón	92.16	1.577	\$ 145.34
Suma			\$ 145.34

Por lo tanto la utilización de la luz natural para la iluminación producen un ahorro de \$ 145.34 pesos mensuales y sumando el ahorro por la disminución de ganancias térmicas se tiene un ahorro total de \$ 349.49 pesos mensuales (figura 61).

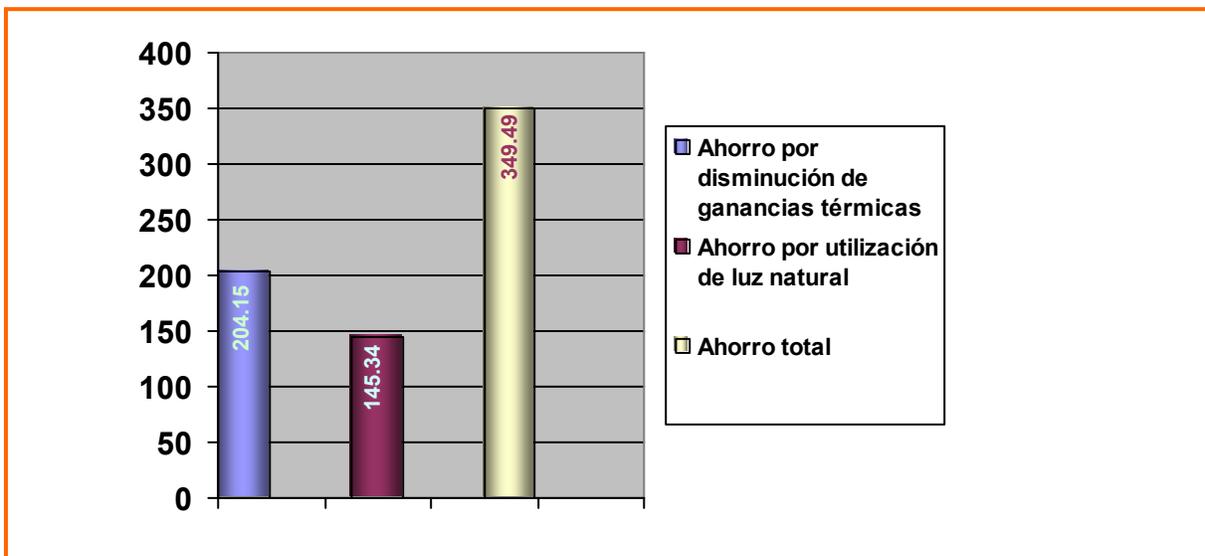


Figura 61. Montos de ahorro económico por la utilización de estrategias de diseño bioclimático para el aula-sala de juntas

A manera de ejemplo, si se utilizara este tipo de aula en la Secundaria Técnica No. 6, la cual cuenta con 18 aulas para sus tres niveles, considerando el mismo uso horario el ahorro económico es el siguiente:

Ahorro por la disminución de ganancias térmicas de un aula = \$ 204.15
Ahorro por la utilización de la luz natural de un aula = \$ 145.34
Ahorro total mensual por aula = \$ 349.49
Ahorro total mensual por 18 aulas = \$ 6 290.82
Por lo consiguiente el ahorro anual para la secundaria es de \$ 75 489.84 pesos

En conclusión el anteproyecto bioclimático cumple con los requerimientos de la NOM-008-ENER-2001.

7.4. Proyecto bioclimático final

Como resultado de las evaluaciones anteriores se obtiene el proyecto arquitectónico bioclimático final (figuras 62, 63, 64, 65, 66, y 67) el cual tiene las cualidades de brindar confort térmico y lumínico a sus usuarios a través de medios pasivos; así como cumplir con las nuevas tendencias de ahorro energético, aprobando los requerimientos de la Nom008-Ener-2001, además de tener las cualidades estéticas y funcionales que requiere todo diseño arquitectónico.

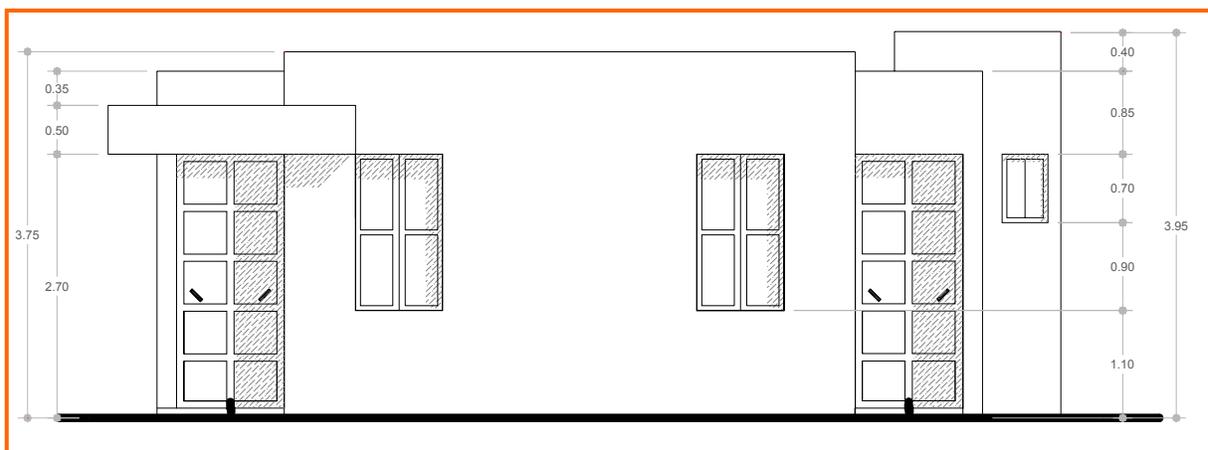


Figura 62. Proyecto arquitectónico bioclimático final, fachada Norte.

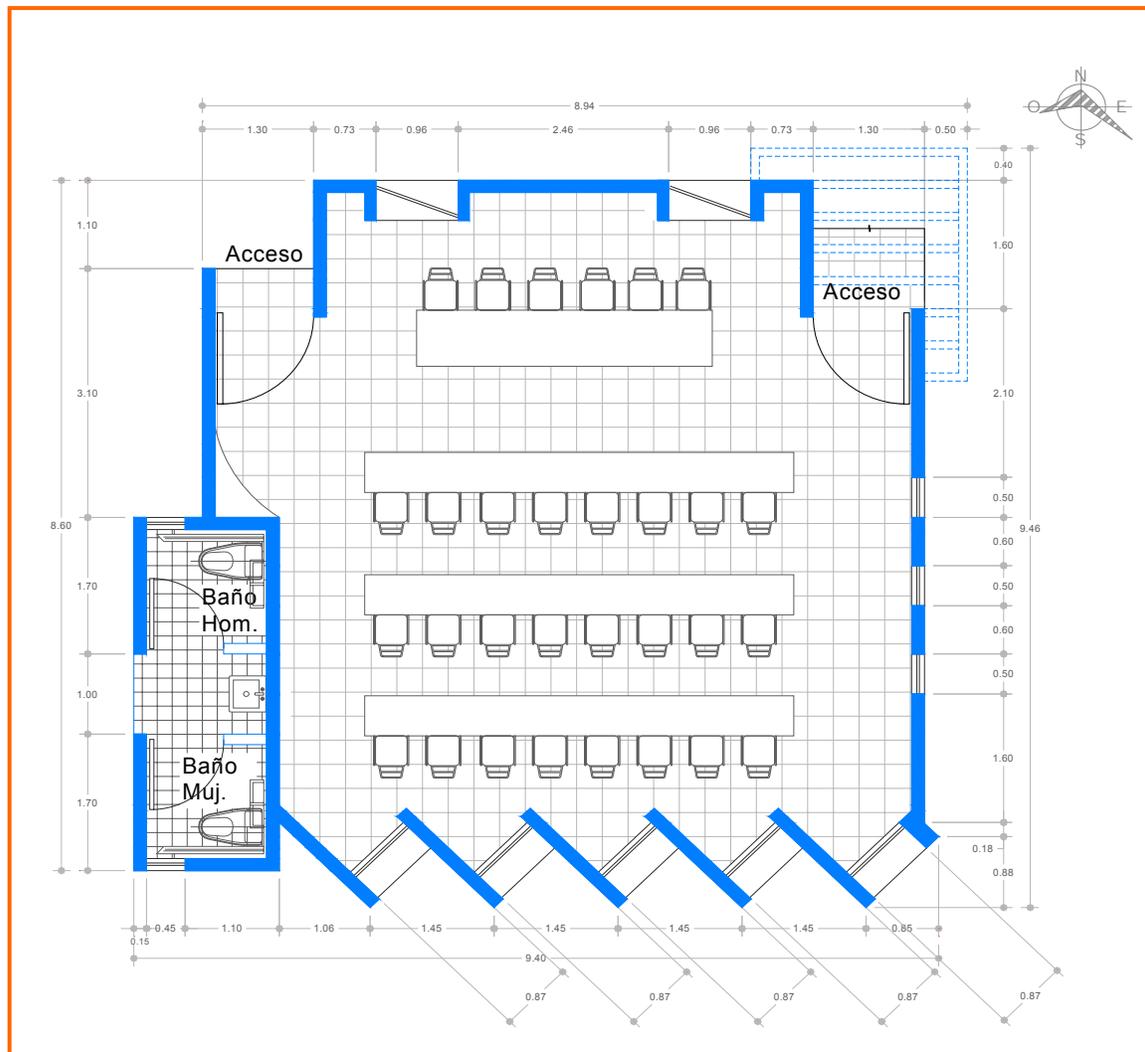


Figura 63. Proyecto arquitectónico bioclimático final, planta arquitectónica.

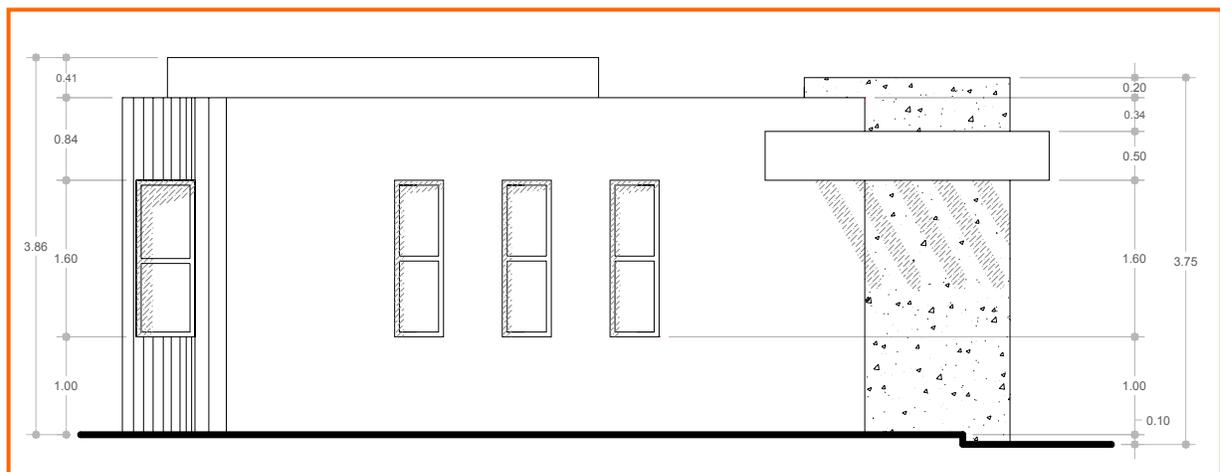


Figura 64. Proyecto arquitectónico bioclimático final, fachada Este.

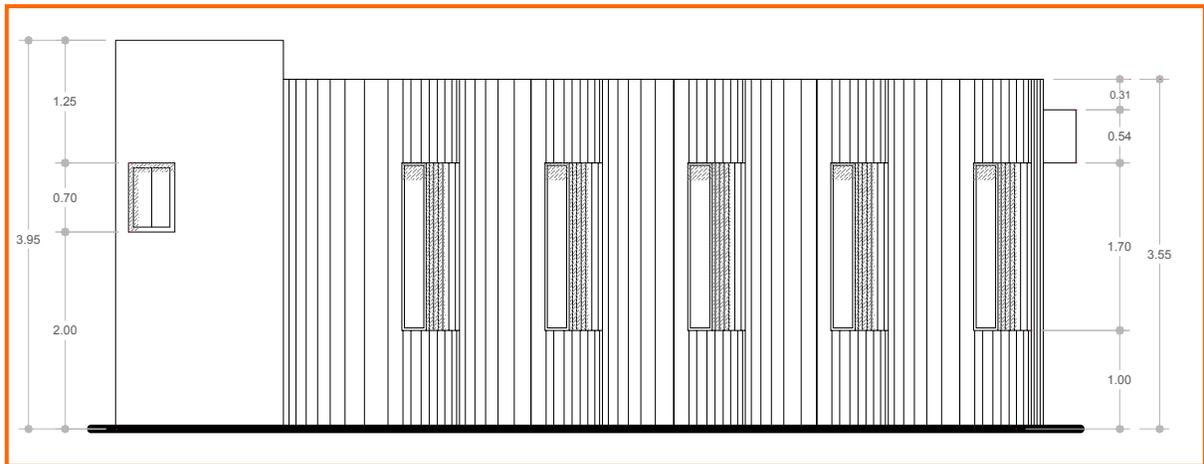


Figura 65. Proyecto arquitectónico bioclimático final, fachada Sur.

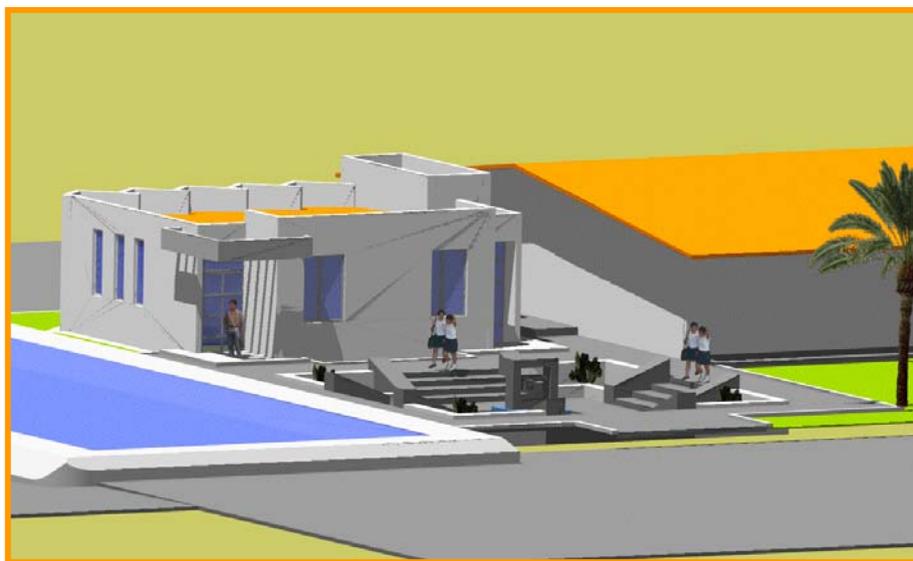


Figura 66. Proyecto arquitectónico bioclimático final, apunte perspectiva Norte.



Figura 67. Proyecto arquitectónico bioclimático final, apunte perspectiva Sur.

Conclusiones

Con base en el análisis de los resultados se llegó a las siguientes conclusiones:

- El análisis realizado en la primera parte del trabajo a los factores físicos naturales de la ciudad de Oaxaca y zona conurbada, permitió conocer los rangos de confort térmico, higrométrico e hídrico y definir el tipo de clima para la zona. Además, se definieron los horarios de confort térmico, de confort higrométrico, y los horarios de las direcciones dominantes y velocidades del viento que fueron utilizados para lograr la ventilación pasiva
- Las estrategias contemplan la climatización por medios pasivos como son la orientación, calentamiento solar y ventilación principalmente, que al relacionarlas con el uso horario del espacio se logra un diseño muy puntual para cada proyecto.
- Los resultados de las evaluaciones arquitectónicas y de confort muestran que el proyecto arquitectónico bioclimático cumple con los requisitos estéticos y funcionales desde el punto de vista arquitectónico; por la parte de confort las evaluaciones muestran que el edificio tiene las condiciones necesarias para alcanzar los grados de confort óptimo para los usuarios; además, el uso de programas de diseño asistido y modelos físicos a escala muestran el funcionamiento que tendrá el edificio construido. Desde el punto de vista lumínico el análisis indica que los niveles de iluminación natural son adecuados para la función que se desarrollará al interior del espacio arquitectónico, cumpliendo con los requerimientos marcados por el reglamento de construcción del estado de Oaxaca.
- Utilizando los valores teóricos de conductividad térmica, recomendados por la norma, para los componentes constructivos el ahorro energético del edificio proyectado fue del 19.90 %, en tanto que utilizando los resultados de conductividad térmica obtenidos de la experimentación llevada a cabo por Hernández (2006) el ahorro energético es del 28.01 %.
- En la evaluación económica, el ahorro energético por disminución de ganancias de calor se tradujo en una reducción de gastos económicos del orden de \$ 204.15 pesos mensuales. Además el uso de la luz natural para

iluminar el aula contribuye con un ahorro de \$145.34 pesos mensuales, haciendo un total de \$ 349.49 pesos mensuales.

- Los resultados obtenidos hacen válida la primera hipótesis teniendo que la aplicación de las estrategias de diseño bioclimático logran las condiciones óptimas de confort para el usuario. Además, el diseño bioclimático de la edificación contribuyó al cumplimiento de los requerimientos de la NOM-008-ENER-2001 haciendo válida la segunda hipótesis.
- Por lo tanto definir estrategias de diseño bioclimático para cada lugar en específico permite diseñar edificios con características únicas. La aplicación de las estrategias de diseño bioclimático permite alcanzar las condiciones de confort para el usuario, y con su aplicación se cumple con los requisitos solicitados por la norma de eficiencia energética en edificaciones, lo cual permite contribuir con las tendencias hacia un desarrollo sustentable.

Recomendaciones

Las principales recomendaciones que surgen del presente trabajo son:

- En el diseño de dispositivos de control solar es necesario utilizar los rayos solares tanto en planta como en alzado en magnitud verdadera para junio y diciembre, esto debido a que en dichos meses el ángulo de inclinación del sol es el más crítico. Si el diseño de dispositivos funciona correctamente utilizando estos rayos se garantizará el desempeño adecuado para el resto del año.
- Evaluar el funcionamiento de la edificación a su máxima capacidad para obtener datos físicos reales y ser comparados con los datos de diseño, es una opción para futuras investigaciones.
- Evaluar las ganancias térmicas a través de muros, losa, ventanas y puertas de la edificación realizando mediciones de temperatura externas e internas. Evaluar la velocidad del aire al interior del inmueble y el comportamiento de la ventilación cruzada.
- Por otra parte, se recomienda un estudio en donde se propongan estrategias para alcanzar el confort acústico, olfativo y psicológico, lo cual se complementaría con experimentación y evaluación del comportamiento de la aplicación de dichas estrategias, por ejemplo: realizando mediciones de la cantidad de decibeles y del porcentaje de partículas contaminantes en el aire al interior del edificio.
- Finalmente, trabajar con el estudio de los materiales de construcción de la región para obtener datos reales de su comportamiento, es un tema interesante que se requiere para complementar la parte de confort térmico.

Bibliografía

- Ajibola, K.** (2001). Design for comfort in Nigeria- a bioclimatic approach. *Renewable Energy* 23, 57-76.
- Álvarez, L. R.** (1995). *Geografía General del estado de Oaxaca*. México: Carteles Editores.
- Alavéz R. R.** (2003). *Comportamiento termofísico de los materiales como alternativa de construcción*. Memorias del XXVII Semana Nacional de Energía Solar (p. 33). México.
- Alavéz R. R.** (2004). *Análisis de materiales vegetales e industrializados aplicados a techumbres, como recurso bioclimático en el Pacífico Sur del estado de Oaxaca*, Universidad Metropolitana, México DF: tesis de maestría
- Anónimo.** Introducción a la bioclimática. *Instituto Juan de Herrera*.
- Asociación Civil Alihuen**, Organización Ambientalista No Gubernamental N° 8 - Personería jurídica N° 1378.
- Bastide, A., Lauret, P., Garde, F., y Boyer H.** (2006). Building energy efficiency an thermal comfort in tropical climates, presentation of a numerical approach for predicting the percentage of well-ventilated living spaces in buildings using natural ventilation. *Energy and Buildings* 38, 1093-1103.
- Boesiger, W.** (1988). *Le Corbusier*. España: Editorial Gustavo Gilli.
- Caballero, E.** (1999) *Diseño y construcción de un edificio con estructura integral para la biblioteca en el CIIDIR, unidad Oaxaca*. México: tesis de licenciatura.
- Cardinale, N., Micucci, M., y Ruugiero, F.,** (2003). Analysis of energy saving using natural ventilation in traditional Italian building. *Energy and Buildings* 35, 153-159.
- Centro Meteorológico de la ciudad de Oaxaca de Juárez** perteneciente a la Comisión Nacional del Agua, Región Pacífico Sur.
- Coch, H.,** 1998. Charper 4- Bioclimatism in vernacular architecture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2, 67-87.
- Comisión Europea,** (8 dic. 2003). Dirección General de Energía y Transportes, Comunidades Europeas.
- D'Amico, C.,** (2002a), Arquitectura bioclimática, *Universidad Politécnica de Madrid*.
- D'Amico, C.,** (2002b). Arquitectura Bioclimática, Conceptos básicos y panorama

Actual. *Universidad Politécnica de Madrid*.

Fernández, B. A., (2005). Eficiencia Energética y Energía renovables. *Mundo Energía*.

Ferreiro, L. H. (1991). *Climatología*. En Lacomba, L. H. (Eds.), *Manual de Arquitectura Solar* (pp. 33-118). México: Trillas.

Foster, N. (1995), *Obras y Proyectos*, España: Editorial Gustavo Gilli,

Fuentes, F. V. (2002), *Metodología de diseño bioclimático, el Análisis Climático*. UAM-Azcapotzalco. México: tesis de maestría

Fuentes, F. V. (2004a). *Clima y Arquitectura*. México: UAM-Azcapotzalco.

Fuentes, F. V. y Rodríguez, V. M. (2004b), *Ventilación Natural, cálculos básicos para arquitectura*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Fuentes, F. V. (1991). *Arquitectura y energía, control térmico de edificaciones*. En Lacomba, L. H. (Eds.), *Manual de Arquitectura Solar* (pp. 215-233). México: Trillas.

García, C. J. (1991). *Geometría solar*. En Lacomba, L. H. (Eds.), *Manual de Arquitectura Solar* (pp. 139-166). México: Trillas.

García, C. X. (2006). Analysis of building energy regulation and certification in Europe: The role, limitations and differences. *Energy and Buildings* 38, 381-392.

García, G. M. (2002). Energías Renovables y Eficacia Energética. *Energía* 02, 125-128.

Greepeace (2004), *Guía Verde para un consumo responsable*, Argentina.

González C. D. (2003). Apuntes sobre arquitectura Bioclimática. *Facultad de Arquitectura, del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba*.

Hernández, B. X. (2003). *La imagen urbana de las ciudades con patrimonio histórico*, 6° taller de Imagen Urbana, INHA, (Ponencia). México.

Hernández, R. J. (2006). *Construcción experimental con elementos prefabricados y aislantes térmicos para edificaciones de bajo costo*. México: tesis de Maestría.

ICA (2002). *Vivienda Bioclimática*. *Fundación ICA A.C.*

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (1997). *Santa Cruz Xoxocotlán, estado de Oaxaca, Cuaderno Estadístico Municipal*. México: INEGI.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2000). *Oaxaca de Juárez, estado de Oaxaca, Cuaderno Estadístico Municipal*. México: INEGI.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.** (2004). *Guía para la interpretación de cartografía, "Edafología"*, México: INEGI.
- Kimura, K.** (1999). Solar architecture for the happiness of mankind. *Solar Energy* 67, 169-179.
- Lacomba, R.** (1991). *Manual de Arquitectura Solar*. México: Trillas.
- Mallick, F. H.** (1996). Thermal comfort and building design in the tropical climates. *Energy and Buildings* 23, 161-167
- Morillón, G. D.** (2003), *Comportamiento bioclimático en la arquitectura*. México: Apuntes del diplomado en Acercamiento a criterios arquitectónicos ambientales para comunidades aisladas en áreas naturales protegidas de Chiapas, Universidad Autónoma de Chiapas.
- Norma Oficial Mexicana, NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales** (25 de abril de 2001). México: Periódico oficial (segunda sección).
- Ologay, V.** (1985). *Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectura y Urbanismo*. España: Editorial Gustavo Gilli.
- Osava, M.** (2005). Los edificios inteligentes ahorran energía. *Tierramerica*.
- Papparelli, A., Kurbán, A. y Cúnsulo, M.** (1996). Strategies for bioclimatic design in an urban area or an arid zone: San Juan (Argentina). *Landscape and Urban Planning* 34, 19-25.
- Plasencia, I. A.** (1992). *Curso de diseño Bioclimático*. México
- Plazola, C. A.** (1983). *Arquitectura Habitacional (vol. 2, 4ª ed)*. México: Limusa.
- Pérez, A. I.**, Ecoeficiencia en edificios, *Asociación Profesionales para el Medio Ambiente*.
- Reglamento de construcción y seguridad estructural Para el estado de Oaxaca,** (1998). México: Periódico oficial
- Rodríguez, V., M.** (2001). Introducción a la arquitectura bioclimática. México: Editorial Limusa.
- Rodríguez, V. M., Figueroa, C. A., Fuentes, F. V., Castorena, E. G., Huerta, V. V., Garcia, C. J. R., et al.** (2004). *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. México: Limusa, Noriega editores.

- Sayigh, A., y Hamid, M., A.** (1998). Chapter 1- Thermal comfort and the development of bioclimatic concept in building design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2, 3-24.
- Skanska AB**, (agosto de 2005). Respondign to climate change.
- Szokolay, S.** (1980). *Environment Science Handbook*. Inglaterra: The Construction Press.
- Tzikopoulos, A., F., Karatza, M., C., y Paravantis, J., A.**, (2005). Modeling energy efficient of bioclimatic buildings. *Energy and Buildings* 37, 529-544.
- Velásquez, S. R. M., Hernández, G. J., y Domínguez, H. M. L.** (2002). Las Diversas Perspectivas del Desarrollo Sustentable.
- Venegas, M. R. I.** (2001), *Diagnóstico crítico de la eficiencia energética en hoteles: estrategias de climatización pasiva, proyecto de graduación en ingeniería civil*. Costa Rica: tesis de Ingeniería.
- Yarque, E., Fujol, M., Vitali, L., y Seoane, M.** (2004). Ventilación Natural-estimación de parámetros sobre modelos a escala utilizando equipo de bajo costo. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 8, 1-6.
- Zain-Ahmed, A., Sayigh, A., Surendran, P., y Othman, M.** (1998). The bioclimatic design approach to low-energy buildings in the Klang Valley, Malaysia. *Renewable Energy* 15, 437-440.

Anexos

Anexo 1. Método gráfico para la construcción de la gráfica solar.

Para trazar la curva de la trayectoria solar sobre el plano del horizonte del lugar, se construye previamente una grafica de nueve círculos concéntricos separados a la misma distancia 1 cm (figura A1.1).

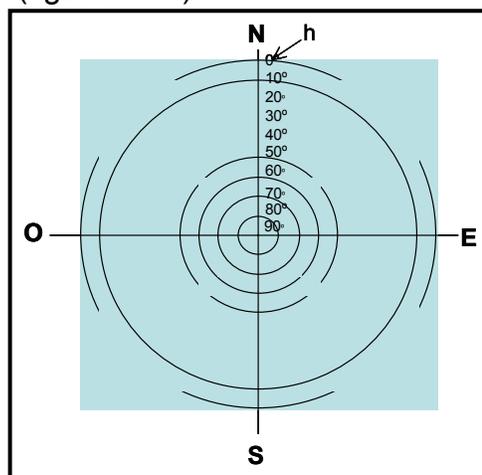


Figura A1.1 Curva de trayectoria solar

Posteriormente se utilizó la hoja de cálculo “ posicionamiento solar” para calcular el ángulo de acimut (z) y el ángulo de altura solar (h) de la localidad; requiriendo los siguientes datos: día y mes que se desea conocer, el número correspondiente al día del año que se desea conocer (según valor asignado en la tabla de Klein [Plasencia]), la latitud del lugar y la hora en la que se desea conocer los ángulos de acimut y altura del rayo solar.

Ingresados los datos a la hoja de cálculo se obtuvieron los siguientes ángulos horarios desarrollados para diciembre de las 7:00am y a las 12:00pm, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla A1.1. Ángulos de acimut y ángulos solares para el 21 diciembre

Hora	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
Angulo de altura solar	6.33	18.78	30.23	40.01	46.93	49.5
Angulo de acimut	63.07	57.05	48.66	36.78	20.34	0

La misma operación se realizó para todos los meses, y posteriormente fueron graficados para construir la gráfica solar (figura A1.2).

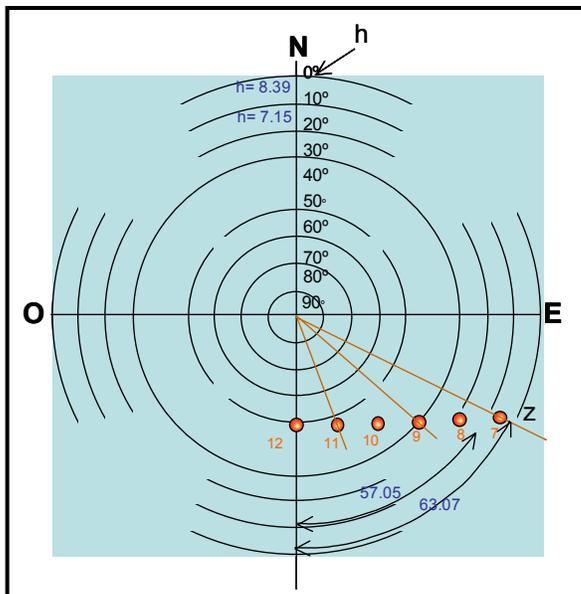


Figura A1.2. Ubicación del ángulo solar y de acimut para diciembre

Anexo 2. Método para ubicar las zonas de confort en la carta psicrométrica

Para ubicar en la gráfica las zonas de confort, es necesario tener los datos de las temperaturas medias de los 12 meses del año de la zona de estudio. Existen dos zonas de confort para invierno y para verano, las cuales nos definirán las estrategias a seguir después de trazar las líneas que representan las condiciones climáticas de cada mes.

Para ubicar la zona de confort de invierno en la carta psicrométrica se necesita seguir los siguientes pasos:

1.- Tomar la lectura de la temperatura del mes más frío y encontrar la temperatura neutra (T_n) con la siguiente ecuación $T_n = (T_m \times 0.31) + 17.6$

2.- Calcular la zona de confort mínima y máxima de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Z_{cm\acute{a}x} = T_n + 2$$

$$Z_{cm\acute{m}} = T_n - 2$$

3.- Ubicar estas temperaturas en la escala de bulbo seco de la carta psicrométrica. Trazar una línea desde este punto hasta la intersección con la curva 50% de humedad relativa.

4.- Calcular el desplazamiento térmico (dT) de cada uno de los límites de confort con la siguiente fórmula:

$$dT_{m\acute{a}x} = [0.023 (Z_{cm\acute{a}x} - 14) \times 13] + Z_{cm\acute{a}x}$$

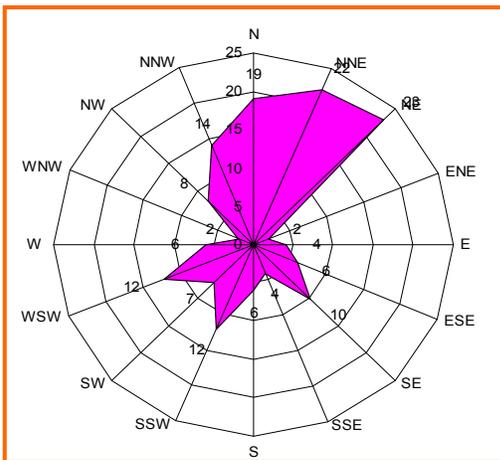
$$dT_{m\acute{m}} = [0.023 (Z_{cm\acute{m}} - 14) \times 13] + Z_{cm\acute{m}}$$

5.- Ubicar la temperatura corregida en la escala de bulbo seco y trazar una línea de este punto a la intersección de la temperatura anterior con la intersección obtenida en el paso 3. Realizar los mismos en ambas desviaciones. ($dT_{m\acute{a}x}$ y $dT_{m\acute{m}}$)

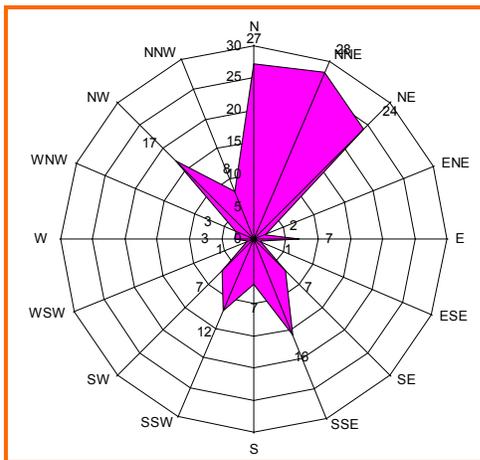
6.- Para ubicar los límites horizontales se toman los niveles de 4 a 12 g/kg de la escala vertical de la carta, y se extienden las líneas de desviación hasta la línea de 12 g/kg, de esta forma se delimita la zona de confort para el mes más frío

7.- Para la zona de confort para verano se repiten los pasos del 1 al 6 pero tomando la temperatura del mes más caluroso

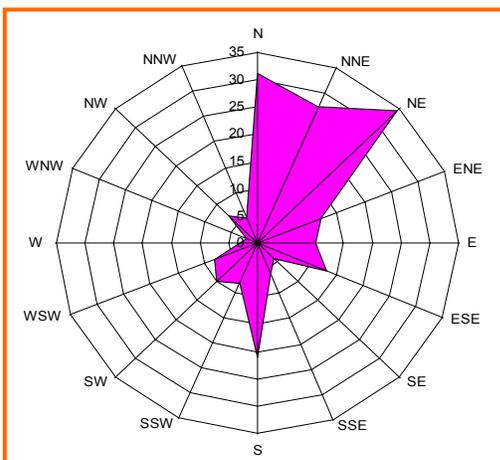
Anexo 3. Rosas de vientos mensuales de la ciudad de Oaxaca y zona conurbada



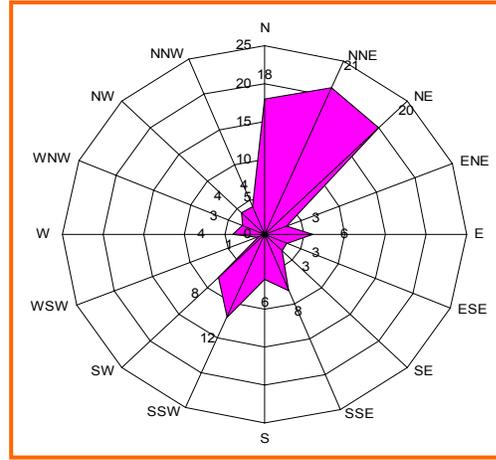
a) Rosa de vientos para enero.



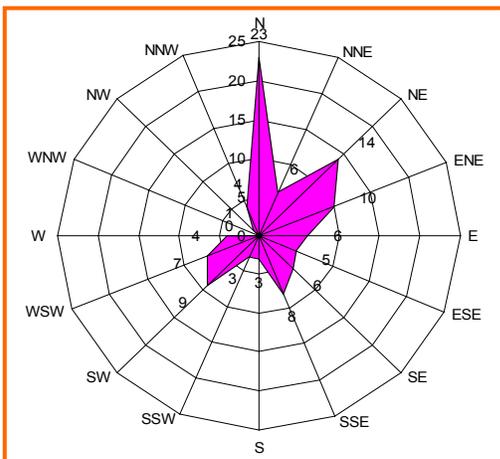
b) Rosa de vientos para febrero.



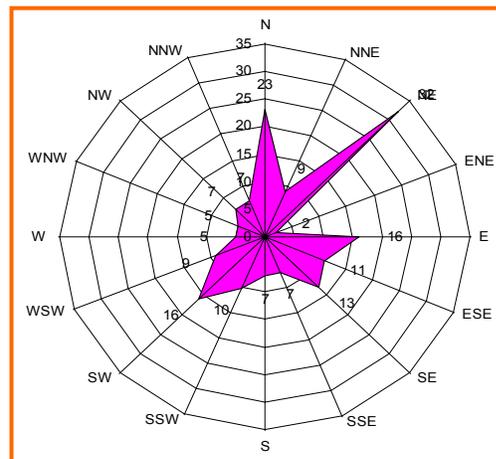
c) Rosa de vientos para marzo.



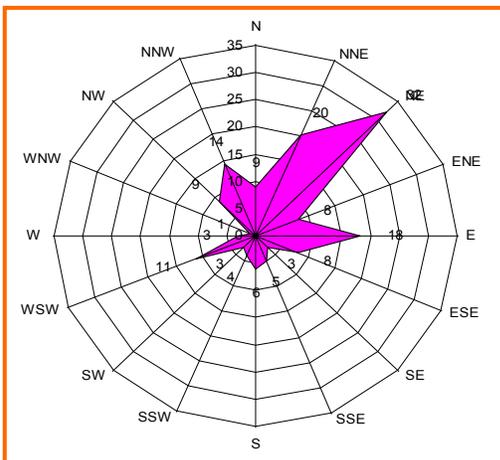
d) Rosa de vientos para abril.



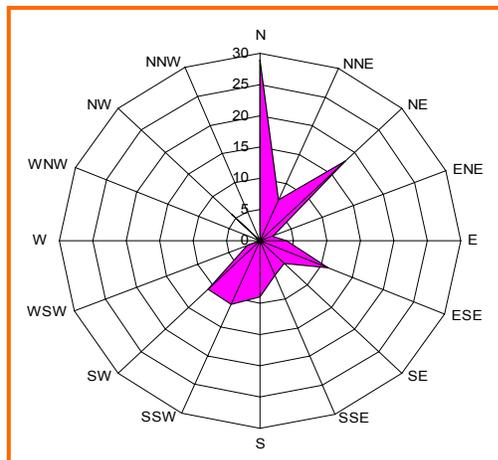
e) Rosa de vientos para mayo.



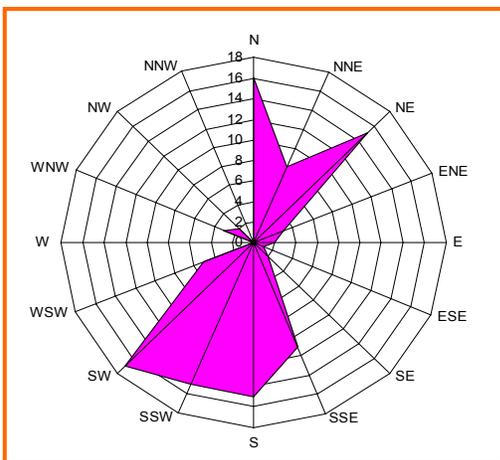
f) Rosa de vientos para junio.



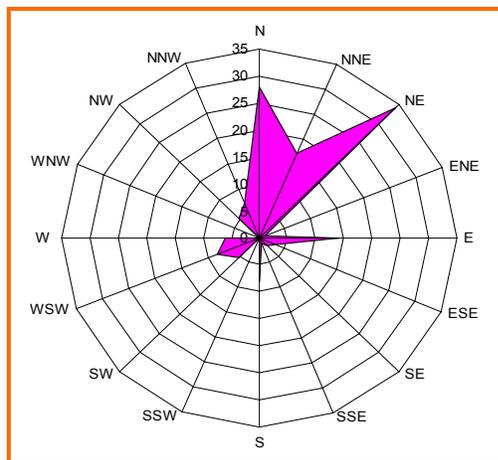
g) Rosa de vientos para julio.



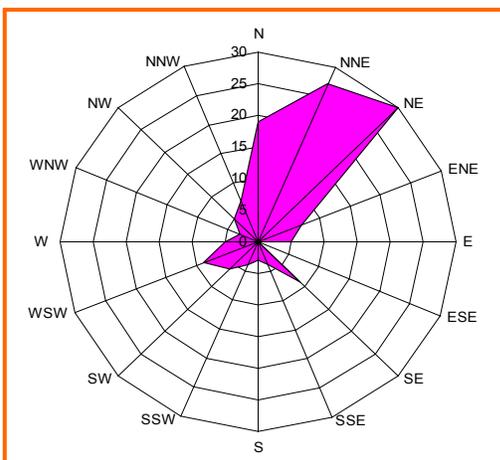
h) Rosa de vientos para agosto.



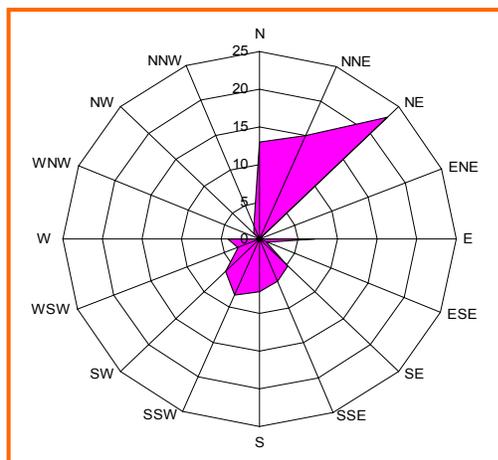
i) Rosa de vientos para septiembre.



j) Rosa de vientos para octubre.



k) Rosa de vientos para mayo.



l) Rosa de vientos para junio.

Anexo 4. Tablas para el cálculo de ventilación natural de acuerdo a Víctor fuentes

Tabla A3-1. Tasa de producción de CO₂

Fuente	actividad	CO ₂		Vapor de agua
		l/s por persona	m ³ /h por persona	g/h por persona
Fisiológica	Descansado	0.0041	0.015	30
Actividad adulta	Trabajo ligero	0.006-0.013	0.022-0.047	40
	Trabajo moderado	0.013-0.020	0.047-0.072	40
	Trabajo pesado	0.020-0.026	0.072-0.094	
	Trabajo muy pesado	0.026-0.032	0.094-0.115	

Tabla A3-2. Efectos objetivos y subjetivos en el hombre ante la exposición de dióxido de carbono.

% de CO ₂	Efectos
0 - 1	Ningún efecto percibido
1.5 - 2	Escasamente perceptible. El ritmo se incrementa ligeramente. Ningún efecto en las capacidades de ejercicio. Exposición prolongada puede provocar acidosis.
2 - 3	Efectos perceptibles. Las personas están consientes del incremento en el ritmo respiratorio. Se presenta dolor de cabeza en individuos sensibles, durante las primeras 24 a 48 horas de exposición.
3 - 4	Efectos notables. Se duplica el ritmo respiratorio. Se incrementa los dolores de cabeza, ligera pérdida de los umbrales de audición
4 -7	Disminución en la eficiencia de algunas tareas mentales. Disminución significativa en la frecuencia del parpadeo. Dolor de cabeza y ojos irritados.
10	Inquieto, confundido, apatía progresiva. Posible perdida de la conciencia.

Nota: concentraciones de 0.1%, 1 y 10% equivalen a 1,000, 10,000 y 100,000 ppm respectivamente.

Tabla A3-3. concentraciones aproximadas de dióxido de carbono en diferentes tipos de medio ambiente

zona	Tipo de aire	Concentración de CO ₂
natural	Aire puro	0.03 %
poblada	Aire normal	0.05%
urbana	Aire contaminado	0.07-0.10 %

Anexo 5. Tablas para el cálculo del factor de luz diurna propuesto por Szokolay.

Tabla A4-1. Factores de Mantenimiento para el cálculo de CC corregida.

localización	pendiente	Uso de la habitación	
		No industrial o industria limpia	Industria sucia
Área no industrial	Vertical	0.9	0.8
	Pendiente	0.8	0.7
	Horizontal	0.7	0.6
Área industrial sucia	Vertical	0.8	0.7
	Pendiente	0.7	0.6
	Horizontal	0.6	0.5

Tabla A4-2. Factores del tipo de cristal para el cálculo de CC corregida

Tipo de cristal	factor
Cristal plano armado	0.95
Cristal deslustrado	0.90-0.95
Cristal endotérmico	0.60-0.75
Translucido reforzado con fibra de vidrio (GRP*) o plástico acrílico	0.65-0.90
Cristal transparente	1.00
Cristal pulido	0.95
Cristal con figuras	0.80-0.95
6 mm "antisun"	0.85
6 mm "calorex"	0.55
Doble capa transparente	0.85
Laminas de plástico transparente	0.65-0.90

Tabla A4-3. Factores del tipo de herrería para el cálculo de CC corregida

Tipo de armadura	factor
Todas las ventanas de metal	0.80-0.85
Ventanas de metal en armaduras de madera	0.75
Armadura y ventana de madera	0.65-0.70

Tabla A4-4 factores de deterioro de la decoración para el calculo de la CRI corregida.

Tipo de sitio	Uso de la habitación	
	Limpio	Sucio
Limpio	0.9	0.7
sucio	0.8	0.6