

Ciudad Obregón, Sonora, a 04 de Junio de 2014.

Instituto Tecnológico de Sonora  
P r e s e n t e.

El que suscribe Jorge Alberto Morando Rivera, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada: **"VERIFICACIÓN DEL GRADO DE CONFORT DE LOS ESPACIOS DE UNA VIVIENDA A LA QUE SE LE INCORPORARON MATERIALES PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO"**. en lo sucesivo "LA OBRA", misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de Ingeniero Civil en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante "EL INSTITUTO", para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, EL INSTITUTO deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de LA OBRA.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a EL INSTITUTO por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.

  
Jorge Alberto Morando Rivera  
(Nombre y firma del autor)



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA**  
Educar para Trascender

**“Verificación del grado de confort de los espacios de una vivienda a la que se le incorporaron materiales para mejorar el comportamiento térmico”**

Tesis que para  
obtener el título de  
Ingeniero Civil

**Presenta:**

Jorge Alberto Morando Rivera

Cd. Obregón, Sonora; Mayo de 2014

## DEDICATORIA...

*Con todo mi cariño y mi amor para  
las personas que hicieron todo en la  
vida para que yo pudiera lograr mis  
sueños, por motivarme y darme la  
mano cuando sentía que el camino se  
terminaba, a ustedes por siempre mi  
corazón y mi agradecimiento.*

*Papá y mamá*

## AGRADECIMIENTO:

*Agradezco y dedico este proyecto de tesis a mis padres, por su comprensión, motivación y apoyo y que me han brindado para lograr todas y cada una de mis metas así como me impulsa a lograr mis sueños y anhelos.*

*A mi hermano, porque así como mis padres el siempre ha estado ahí para apoyarme.*

*A todos mis amigos y compañeros por compartir tantos momentos tan especiales que han pasado a lo largo de mi vida.*

## ÍNDICE GENERAL

|                                                             |      |
|-------------------------------------------------------------|------|
| DEDICATORIA.....                                            | ii   |
| AGRADECIMIENTO: .....                                       | iii  |
| ÍNDICE GENERAL .....                                        | iv   |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                      | vi   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                       | vii  |
| RESUMEN .....                                               | viii |
| CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....                                | 9    |
| 1.1 Antecedentes .....                                      | 9    |
| 1.2 Planteamiento del problema .....                        | 11   |
| 1.3 Objetivo.....                                           | 12   |
| 1.3.1 Objetivo General.....                                 | 12   |
| 1.3.2 Objetivos Específicos.....                            | 13   |
| 1.4 Justificación.....                                      | 14   |
| 1.5 Delimitaciones.....                                     | 14   |
| 1.6 Limitaciones.....                                       | 15   |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....                              | 16   |
| 2.1 Generalidades de Ciudad Obregón.....                    | 16   |
| 2.1.1 Geología de Cajeme.....                               | 16   |
| 2.1.2 Topografía de Cajeme .....                            | 18   |
| 2.1.3 Orografía de Cajeme.....                              | 20   |
| 2.2 Localización.....                                       | 20   |
| 2.3 Climas.....                                             | 22   |
| 2.3.1 Definición.....                                       | 22   |
| 2.3.2 Tipos de climas en México.....                        | 22   |
| 2.3.3 Clima en la región.....                               | 24   |
| 2.4 Temperatura.....                                        | 25   |
| 2.4.1 Definición.....                                       | 25   |
| 2.4.2 Temperatura en Ciudad Obregón.....                    | 25   |
| 2.5 Precipitación.....                                      | 26   |
| 2.5.1 Definición.....                                       | 26   |
| 2.5.2 Influencia de la precipitación en la temperatura..... | 26   |
| 2.6 Humedad relativa.....                                   | 26   |
| 2.6.1 Definiciones.....                                     | 26   |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.6.2 Importancia de la humedad relativa con respecto al confort térmico. .... | 27 |
| 2.7 Arquitectura bioclimáticas. ....                                           | 27 |
| 2.7.1 Definición. ....                                                         | 27 |
| 2.7.2 Importancia de la arquitectura bioclimática. ....                        | 28 |
| 2.8 Orientación de la vivienda. ....                                           | 28 |
| 2.8.1 Importancia de la orientación. ....                                      | 28 |
| 2.8.2 Orientación Este. ....                                                   | 29 |
| 2.9 Vivienda. ....                                                             | 29 |
| 2.9.1 Definición. ....                                                         | 29 |
| 2.9.2 Consideraciones de una vivienda. ....                                    | 29 |
| 2.9.3 Materiales. ....                                                         | 31 |
| 2.9.4 Componentes de la vivienda. ....                                         | 31 |
| 2.10 Vivienda sustentable. ....                                                | 31 |
| 2.10.1 Definición. ....                                                        | 31 |
| 2.10.2 Características de una vivienda sustentable. ....                       | 32 |
| 2.10.3 Viviendas sustentables en México. ....                                  | 33 |
| 2.11 Casas ecológicas. ....                                                    | 33 |
| 2.11.1 Definición. ....                                                        | 33 |
| 2.11.2 Tipos de casas ecológicas. ....                                         | 34 |
| 2.12 Conductividad térmica de los materiales. ....                             | 34 |
| 2.12.1 Definición. ....                                                        | 34 |
| 2.12.2 Tipos de conductividad térmica. ....                                    | 35 |
| 2.12.3 Conductividad en los materiales para construcción. ....                 | 35 |
| 2.13 Confort. ....                                                             | 38 |
| 2.13.1 Definición. ....                                                        | 38 |
| 2.13.2 Temperatura. ....                                                       | 38 |
| 2.13.3 Humedad. ....                                                           | 39 |
| 2.13.4 Sensación térmica. ....                                                 | 39 |
| CAPÍTULO III MÉTODO. ....                                                      | 42 |
| 3.1 Tipo de investigación. ....                                                | 42 |
| 3.2 Ubicación del objeto de estudio. ....                                      | 43 |
| 3.3 Participantes. ....                                                        | 43 |
| 3.4 Materiales y equipo. ....                                                  | 44 |
| 3.5 Procedimiento. ....                                                        | 44 |

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....        | 49 |
| 4.1 Resultados.....                             | 49 |
| 4.2 Discusión .....                             | 65 |
| CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... | 66 |
| 5.1 Conclusiones. ....                          | 66 |
| 5.2 Recomendaciones.....                        | 68 |
| REFERENCIAS.....                                | 70 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. <i>Representación geológica del Municipio de Cajeme. (CGSNEGI, 2009)</i> .....                                  | 18 |
| Figura 2. <i>Plano topográfico del municipio de Cajeme (Municipio de Cajeme, 2008)</i> .....                              | 19 |
| Figura 3. <i>Mapa del Estado de Sonora donde se muestra el municipio de Cajeme. (Municipio de Cajeme, 2009)</i> .....     | 21 |
| Figura 4. <i>Mapa de México dividido según el clima. (INEGI, 2009)</i> .....                                              | 24 |
| Figura 5. <i>Carta bioclimática de Olgyay</i> .....                                                                       | 41 |
| Figura 6. <i>Fachada de la vivienda en estudio</i> .....                                                                  | 45 |
| Figura 7. <i>Ubicación de los sensores en la planta arquitectónica baja de la vivienda</i> .....                          | 46 |
| Figura 8. <i>Ubicación de los sensores en la planta arquitectónica alta de la vivienda</i> .....                          | 46 |
| Figura 9. <i>Diagrama de preinicio</i> .....                                                                              | 48 |
| Figura 10. <i>Datos de preinicio</i> .....                                                                                | 48 |
| Figura 11. <i>Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en acceso a las recámaras</i> ..... | 52 |
| Figura 12. <i>Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en la sala</i> .....                | 53 |
| Figura 13. <i>Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en el comedor</i> .....             | 54 |
| Figura 14. <i>Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en la cocina</i> .....              | 55 |
| Figura 15. <i>Comparación de temperatura promedio contra sensación</i>                                                    |    |

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>térmica registrada en la recámara principal.....</i>                       | <b>56</b> |
| Figura 16. <i>Comparación de temperatura promedio contra sensación</i>        |           |
| <i>térmica registrada en la recámara 2.....</i>                               | <b>57</b> |
| Figura 17. <i>Comparación de temperatura promedio contra sensación</i>        |           |
| <i>térmica registrada en acceso a la recámara 3.....</i>                      | <b>58</b> |
| Figura 18. <i>Comparación de temperatura promedio contra sensación</i>        |           |
| <i>térmica registrada en exterior trasero.....</i>                            | <b>59</b> |
| Figura 19. <i>Comparación de temperatura promedio contra sensación</i>        |           |
| <i>térmica registrada en exterior frontal.....</i>                            | <b>60</b> |
| Figura 20. <i>Comparativa mensual de cada habitación de la vivienda y las</i> |           |
| <i>lecturas exteriores frontal y trasera.....</i>                             | <b>62</b> |
| Figura 21. <i>Comparativa semanal de cada habitación de la vivienda y las</i> |           |
| <i>lecturas exteriores frontal y trasera.....</i>                             | <b>63</b> |
| Figura 22. <i>Comparativa semanal de la recámara 2, cocina y la lectura</i>   |           |
| <i>exterior trasera y delantera.....</i>                                      | <b>64</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Tabla 1. <i>Tipos de rocas y suelo en Cajeme.....</i>                         | <b>17</b> |
| Tabla 2. <i>Parámetros climáticos promedios de Ciudad Obregón.....</i>        | <b>25</b> |
| Tabla 3. <i>Viviendas sustentables en México.....</i>                         | <b>33</b> |
| Tabla 4. <i>Valores de conductividad y aislamiento térmico de diversos</i>    |           |
| <i>materiales.....</i>                                                        | <b>36</b> |
| Tabla 5. <i>Rangos de temperatura de la sensación térmica de confort.....</i> | <b>40</b> |
| Tabla 6. <i>Sensación térmica con respecto a la temperatura y la humedad</i>  |           |
| <i>relativa.....</i>                                                          | <b>50</b> |

## RESUMEN

De manera general para evitar las condiciones adversas de temperatura en la región del sur de Estado de Sonora utilizamos el aislamiento térmico y un mismo tipo de material para construir las viviendas sin tomar en cuenta que las condiciones de temperatura, humedad y sensación térmica varían de acuerdo al espacio de la vivienda y a las condiciones en las que cada uno está expuesto. La investigación fue realizada por maestros y alumnos de la carrera de ingeniero Civil como parte de los productos generados por la academia de Construcción correspondiente al departamento de Ingeniería Civil, para realizar el estudio y determinar los resultados obtenidos se utilizaron los conocimientos de construcción y de medio ambiente, para determinar las condiciones de confort de cada espacio, considerando este como el rango de sensación térmica de entre 21 a 27 ° centígrados, esto permitirá conocer el espacio que requiere verdaderamente aislarse térmicamente y cuáles no, eso permitirá proponer una alternativa más económica que disminuya las condiciones térmicas adversas y que pueden representar un ahorro económico para los dueños de las viviendas o los desarrolladores de las mismas.. El trabajo fue realizado en un fraccionamiento de Cd Obregón Sonora en una vivienda de dos plantas, con block en muros y el sistema de vigueta y bovedilla en las losas, durante el periodo comprendido entre Septiembre del 2013 y enero del 2014.

## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Antecedentes**

Desde que el hombre dejó su vida como nómada, se enfocó en buscar un lugar donde habitar, el cual cumpliera con sus expectativas, siempre buscando un lugar seguro, cálido pero a la vez agradable, en el cual el alimento abundara y los peligros fueran mínimos.

Es por ello que, (Martínez, 1992) comenta que “una de las diferencias básicas entre la evolución del ser humano y la de los demás animales es que el ser humano transforma su medio ambiente tratando de adaptarlo a sus necesidades, mientras que el resto de los animales se adapta a la naturaleza”.

Conforme el tiempo avanzaba y la evolución del hombre se desarrollaba, las necesidades de la humanidad crecían de modo que la elección de una vivienda térmicamente confortable fue un punto importante en el desarrollo de las mismas.

México tiene una variedad de climas que van desde el templado hasta el cálido seco y el cálido húmedo; sin embargo pese a esta variedad de climas, más del 70% corresponde a climas cálidos y de este 70% casi el 50% es clima seco o muy seco. Aunque predomina el clima cálido, existen regiones del territorio nacional, particularmente la zona norte y las regiones montañosas, donde estacionalmente se presentan bajas temperaturas (CONAGUA, 2010).

En el noroeste del país, que es considerada una región de las más cálidas del país, se registran normalmente valores de temperatura mayores a los 40 grados Celsius, como es el caso de Mexicali en Baja California y Hermosillo en Sonora por nombrar algunos ejemplos (CONAGUA, 2010).

El clima que predomina en la región sur del estado de Sonora es el cálido - húmedo, el cual puede llegar incluso a ser extremoso, por lo que el nivel de adaptación de las viviendas afecta sensiblemente la necesidad de enfriamiento. El conocer el comportamiento térmico de las viviendas es importante porque este influye en la salud y en la economía de las personas.

Ciudad Obregón tiene un clima y temperatura consistentes las 4 temporadas. Se puede esperar que el clima de hoy sea igual mañana y, en general, la primavera y el verano (marzo-septiembre) es caliente 23-48°C, y el invierno (diciembre-febrero) es cálido 9-30°C (CAJEME, 2009).

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2010) reportó un incremento extraordinario en la temperatura de 44°C y una sensación térmica de 57°C a la sombra, esto en ciudad Obregón, Sonora, en julio de 2013.

De aquí la importancia del concepto de confort térmico que según la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) por sus siglas en inglés, define como aquella condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico, de igual manera (Givoni, 1969) lo define como “la ausencia de irritación o malestar térmico”.

En junio de 2013 se presentó un estudio titulado “Comportamiento del confort térmico en 4 casas habitación de acuerdo a su orientación”, en el cual se comparaban la temperatura y la humedad relativa (factores de la sensación térmica) de cuatro viviendas de interés social con diferente orientación, para así determinar cuál de las orientaciones es la mas bioclimáticamente aceptable.

Este estudio obtuvo los siguientes resultados:

- La casa con mejor confort térmico en el periodo de prueba de marzo-mayo 2013 fue la casa orientada hacia el norte.
- La casa con menor confort térmico en el periodo de prueba de marzo-mayo 2013 fue la casa orientada hacia el sur.

Los habitantes de estas viviendas buscarán siempre un ambiente lo más confortable posible de manera que harán uso de sistemas de aire acondicionado generando a su vez un aumento de la temperatura aunado al incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## **1.2 Planteamiento del problema**

A partir de los años cuarenta, pero sobre todo cuando México se volvió una potencia petrolera, el país experimentó un acelerado proceso de urbanización, sobre todo en el norte del país, por la actividad industrial y agrícola, y en las zonas costeras, debido a la pesca y al turismo. Ciudades como Mexicali, Hermosillo o Chihuahua, pudieron crecer hasta superar los 600 mil habitantes, todo esto gracias a la disponibilidad de energía eléctrica a precios subvencionados. Lo anterior se refleja en el Balance Nacional de Energía, que en la publicación del 2006 indica que del total de la energía consumida en México, casi el 20% corresponde a edificios del sector residencial, comercial y público y si se considera la energía utilizada para la construcción, fabricación y transporte de materiales de construcción, esa cifra podría elevarse (SENER, 2006).

A pesar de lo anterior, el sector de la construcción en México, sobre todo el sector habitacional, no ha experimentado cambios que reflejen una preocupación por el medio ambiente, el ahorro de energía ni el confort de los usuarios, por lo regular las viviendas se diseñan y construyen bajo criterios predominantemente comerciales. Dentro de los criterios predominantes se encuentra el de aislar térmicamente la vivienda en muchas ocasiones sólo en la parte de la losa de azoteas, sin tomar en cuenta que existen también los muros a través de los cuáles se trasmite el flujo calorífico y estos en muchas ocasiones no reciben ningún tipo de aislamiento.

Esta situación se puede dar por el desconocimiento del comportamiento térmico de los diferentes espacios de la vivienda lo que provoca que en muchas ocasiones el aislamiento térmico no se haya colocado en los espacios que realmente lo requieran o en el peor de los casos se queden sin aislamiento. Esto provoca que cuando un cliente adquiera una vivienda, en lo primero que tiene que invertir es en la colocación de un aislante térmico que le mejore las condiciones de confort, sólo que la pregunta es ¿Dónde colocar este aislamiento de una manera óptima?, para lo cual se hace necesario determinar en una vivienda con orientación hacia el este, ¿Cuál de las habitaciones de una vivienda en el fraccionamiento Las Misiones ubicada hacia el este es la más confortable, con respecto a las inclemencias del clima de Ciudad Obregón Sonora?

### **1.3 Objetivo.**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar la habitación de menor confort en una casa habitación orientada hacia el este en el fraccionamiento Las Misiones Residencial de Ciudad Obregón Sonora, con la finalidad de minimizar los costos por aislamiento térmico así como los costos de energía eléctrica provocada por los aparatos para acondicionamiento climático.

### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

Determinar el comportamiento térmico de la recámara principal considerando la temperatura y los efectos de la humedad y utilizando equipos con tecnología de punta como son sensores electrónicos.

Determinar el comportamiento térmico de la recámara 2 considerando la temperatura y los efectos de la humedad y utilizando equipos con tecnología de punta como son sensores electrónicos.

Determinar el comportamiento térmico de la recámara 3 considerando la temperatura y los efectos de la humedad y utilizando equipos con tecnología de punta como son sensores electrónicos.

Determinar el comportamiento térmico del acceso a las recámaras considerando la temperatura y los efectos de la humedad y utilizando equipos con tecnología de punta como son sensores electrónicos.

Determinar el comportamiento térmico en exterior frontal considerando la temperatura y los efectos de la humedad y utilizando equipos con tecnología de punta como son sensores electrónicos.

Determinar el comportamiento térmico en exterior trasero de la vivienda considerando la temperatura y los efectos de la humedad y utilizando equipos con tecnología de punta como son sensores electrónicos.

Determinar el comportamiento térmico en la sala considerando la temperatura y los efectos de la humedad y utilizando equipos con tecnología de punta como son sensores electrónicos.

Determinar el comportamiento térmico en el comedor considerando la temperatura y los efectos de la humedad y utilizando equipos con tecnología de punta como son sensores electrónicos.

Determinar el comportamiento térmico en la cocina considerando la temperatura y los efectos de la humedad y utilizando equipos con tecnología de punta como son sensores electrónicos.

#### **1.4 Justificación.**

Este tipo de estudios podrán determinar propuestas para mejorar el comportamiento térmico de cada vivienda, y permitir a las persona encargadas de la construcción de este tipo de viviendas, buscando tener la manera más óptima de diseñar la vivienda y reducir el gasto para ayudar a las familias mediante mecanismos que disminuyan los consumos de energía, proponiendo el desarrollo de viviendas más sustentables y las cuales ayudan al medio ambiente estableciendo un alto compromiso en la disminución de los consumos energéticos así como reducir la emisión de CO<sub>2</sub> que es generada por la gran cantidad de electrodomésticos, todo esto buscando tener el confort adecuado al menor costo y protegiendo el cambio climático de igual manera se busca reducir los gastos de modo que se aplique aislamiento térmico solo en zonas críticas y no en toda la vivienda contribuyendo a el ahorro económico, disminuyendo la emisión de CO<sub>2</sub> lo que ayuda a mejorar las condiciones del medio ambiente y los recursos naturales y beneficiando de manera directa al propietario de la vivienda y a la sociedad en su conjunto.

#### **1.5 Delimitaciones.**

El estudio fue realizado en el fraccionamiento Las Misiones Residenciales de Ciudad Obregón, Sonora, en el intervalo de tiempo establecido del 26 de septiembre de 2013 al 16 de enero de 2014.

El estudio se realizó en una vivienda de dos plantas, en la planta baja, se tiene sala comedor y cocina, en la planta alta tres recámaras y un baño. Los materiales utilizados en la construcción de esta vivienda son block en los muros, la losa de vigueta-bovedilla y concreto, los acabados son de yeso. La vivienda en el periodo de estudio se encuentra desocupada. Cuenta con un sensor para capturar la temperatura y humedad relativa de cada habitación.

La vivienda está orientada hacia el este, al frente de la vivienda se encuentra un parque artificial que no genera sombra en la vivienda, en la parte trasera de la vivienda se encuentra una zona llana.

### **1.6 Limitaciones.**

Las limitaciones presentes en este estudio fueron las siguientes:

No se considero el viento en el estudio.

No obtuvieron los datos de la humedad relativa de acceso a la recámara.

No obtuvo información fiable sobre, humedad relativa y velocidad del viento promedio de la región.

El periodo del estudio no considero los meses de junio a agosto en los que se presentan las temperaturas más altas.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Generalidades de Ciudad Obregón.**

#### **2.1.1 Geología de Cajeme.**

La Geología como su nombre lo indica, se dedica al estudio de la Tierra (geo: Tierra, logía: Estudio). Por lo tanto es una ciencia natural que describe la composición del planeta, su ubicación y su actuación en el universo. También trata de interpretar los fenómenos que en ella se suceden (los terremotos, las mareas, el ciclo del agua, la dinámica de la atmósfera, etc.) (CAJEME, 2009).

A continuación se presenta la Tabla 1 donde se observa los principales tipos de suelos y rocas, divididos por era, periodo, tipo de roca o suelo, unidad literaria y por último se presenta el porcentaje de superficie de terreno. De igual manera se presenta en la Figura 1 el mapa donde se aprecian la sectorización del municipio de Cajeme según el tipo de roca, de donde se puede apreciar que la zona de circunvecina a Ciudad Obregón Sonora corresponde a Q(al) lo cual en la Tabla 1, se puede representar como un suelo aluvial del periodo cuaternario.

Tabla 1. *Tipos de rocas y suelo en Cajeme*

| Era   |           | Período |                   | Roca o suelo | Unidad Litológica |                  | % de la Superficie |
|-------|-----------|---------|-------------------|--------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Clave | Nombre    | Clave   | Nombre            |              | Clave             | Nombre           |                    |
| C     | Cenozoica | Q       | Cuaternario       | Ígnea        |                   |                  |                    |
|       |           |         |                   | Extrusiva    | B                 | Basalto          | 1.06               |
|       |           |         |                   | Sedimentaria | Cg                | Conglomerado     | 1.35               |
|       |           |         |                   | Suelo        | Al                | Aluvial          | 30.35              |
|       |           |         |                   |              | La                | Lacustre         | 1.20               |
|       |           | T       | Terciario         | Ígnea        | Ta                | Toba Ácida       | 12.89              |
|       |           |         |                   | Extrusiva    | b-bvb             | Basalto-Brecha   |                    |
|       |           |         |                   |              |                   | Volcánica Básica | 4.61               |
|       |           |         |                   | Sedimentaria | Cg                | Conglomerado     | 20.29              |
|       |           |         |                   |              | ar-cg             | Arenisca         |                    |
|       |           |         |                   |              |                   | Conglomerado     | 5.23               |
| M     | Mesozoico | K       | Cretácico         | Ígnea        |                   |                  |                    |
|       |           |         |                   | Intrusiva    | Gr                | Granito          | 11.42              |
|       |           |         |                   |              | Gd                | Granodiorita     | 2.82               |
|       |           |         |                   |              | A                 | Andesita         | 6.07               |
|       |           | TR-J    | Triásico-Jurásico | Sedimentaria | AR                | Arenisca         | 2.71               |

Fuente: INEGI (2009)

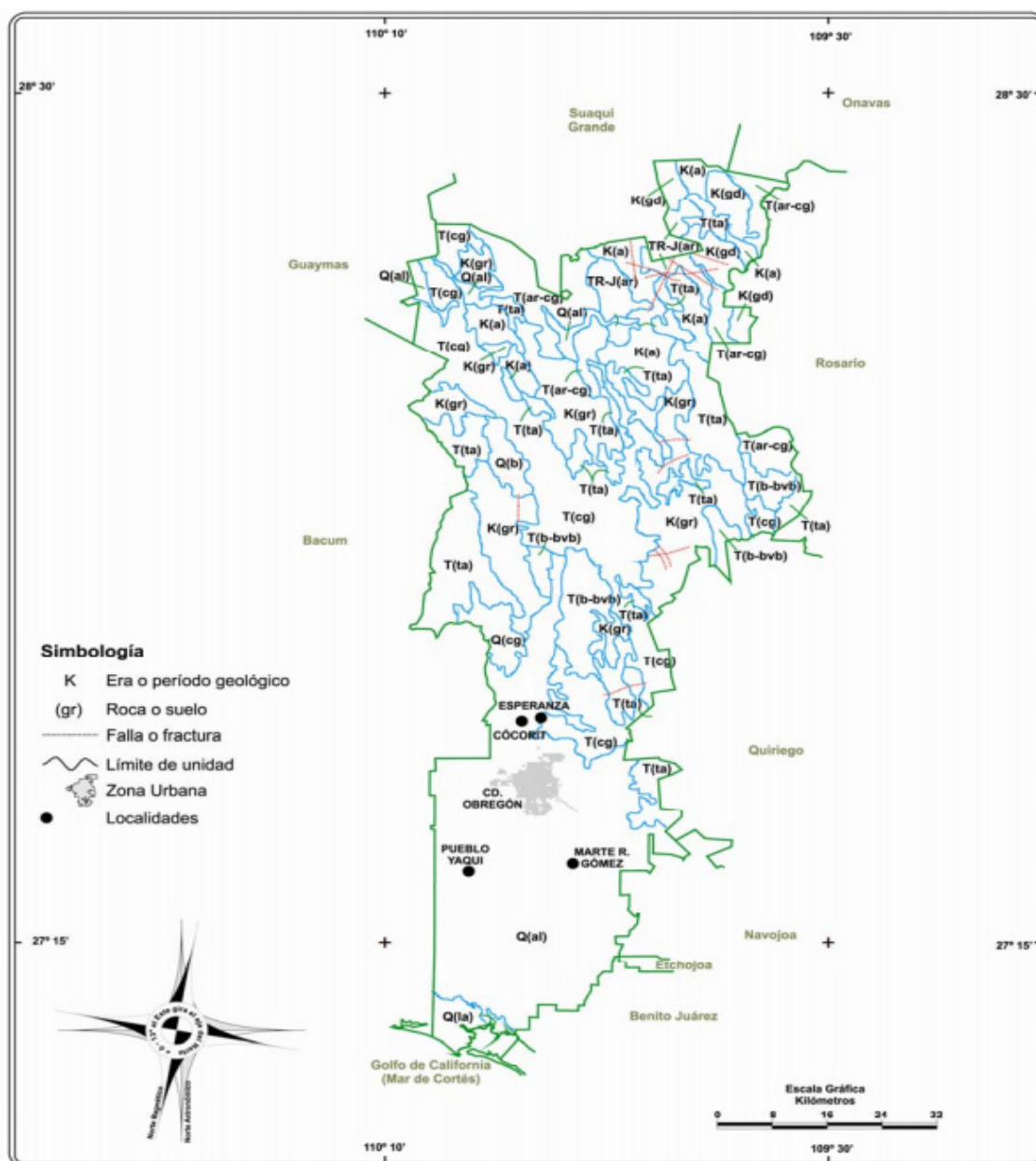


Figura 1. *Representación geológica del Municipio de Cajeme. (CGSNEGI, 2009)*

### 2.1.2 Topografía de Cajeme

La topografía estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada. Ejecuta también replantes sobre el terreno (trazos sobre el terreno) para la realización de diversas obras de ingeniería, a partir de las condiciones del proyecto establecidas sobre un plano. Realiza también trabajos

de deslinde, división de tierras (agradecía), catastro natural y urbano, así como levantamientos y replanteos o trazos en trabajos subterráneos.

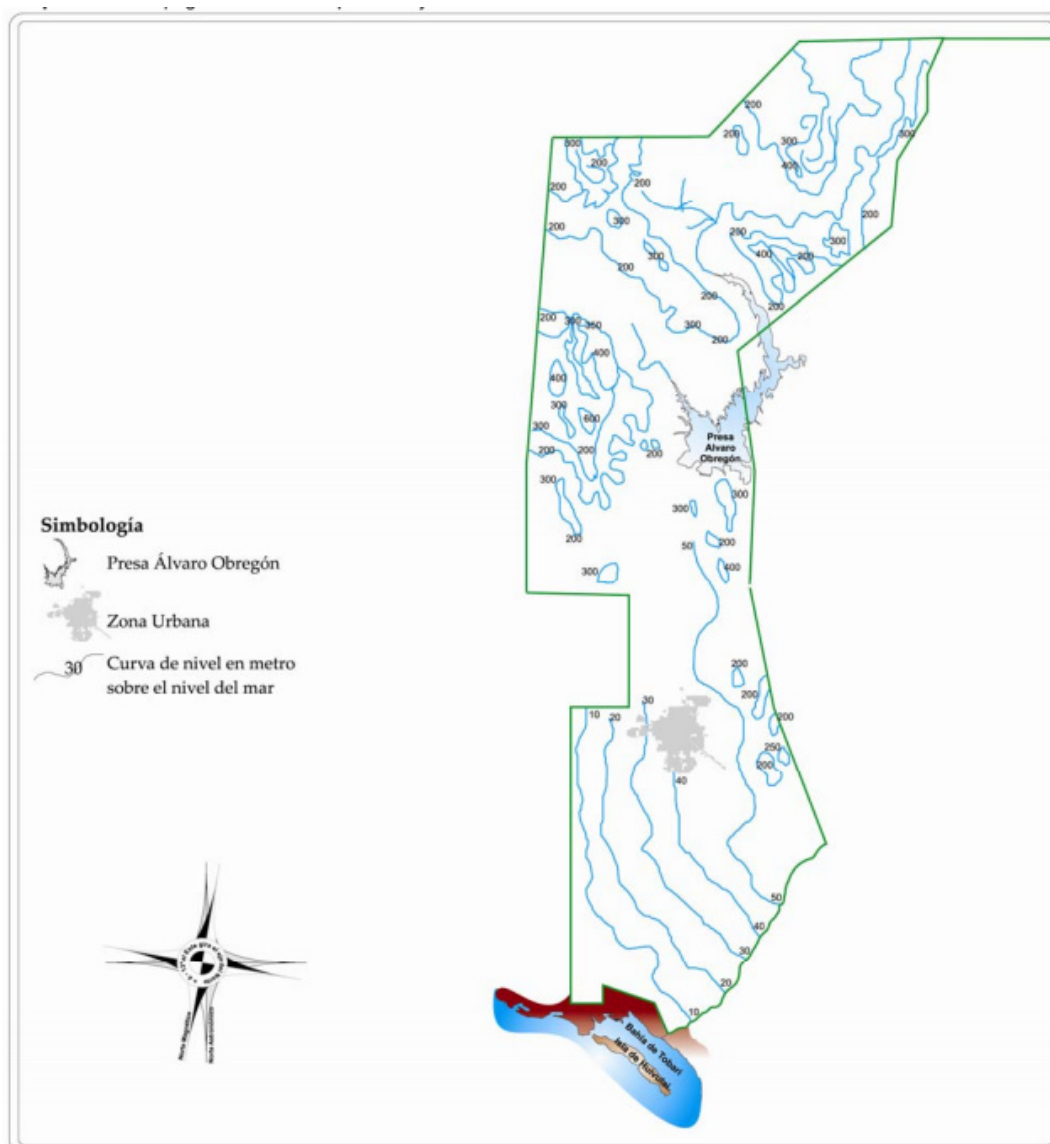


Figura 2. Plano topográfico del municipio de Cajeme (Municipio de Cajeme, 2008)

En la Figura 2 se presenta las diferentes alturas sobre el nivel medio del mar que existen en el Municipio; el lector podrá observar que la altura tiene una ligera tendencia hacia el Norte a partir de la zona costera y a través del Valle, haciéndose más pronunciada en los inicios de la zona serrana. Cajeme posee una altura media sobre el nivel del mar de 46 metros y su punto más alto alcanza los 860 metros sobre ese nivel, localizado al Norte de la Presa Álvaro Obregón en el cerro Sandial.

### **2.1.3 Orografía de Cajeme.**

La orografía es parte de la geografía física que trata de la descripción de las montañas o conjunto de montes de una comarca, región, país, etc. La utilidad que brinda la orografía sirve para comprender el relieve de una región o zona relativamente pequeña, por lo que su representación cartográfica en mapas a gran escala (1:100.000, 1:50.000 o mayor) sirve de manera efectiva para planear obras de infraestructura (por ejemplo es estudio de pendientes en el trazado de una carretera o de una línea del ferrocarril, en el diseño de una represa o de un puente, etc.).

Además el estudio geológico y topográfico del relieve permite conocer muchas de las características que tienen aplicaciones prácticas en el campo de la investigación del suelo y subsuelo, de los recursos hidráulicos, minerales, agrícolas y económicos en general de las zonas que se trate.

## **2.2 Localización.**

El Municipio de Cajeme está ubicado en el suroeste del estado de Sonora, su cabecera es la población de Ciudad Obregón y se localiza en el paralelo 27° 29' de latitud norte y a los 109° 56' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 46 metros sobre el nivel del mar. Se puede apreciar su ubicación en la Figura 3 (CAJEME, 2009).

Posee una superficie de 3,312.05 kilómetros cuadrados, que representan el 1.79 por ciento del total estatal y el 0.17 por ciento del nacional; las localidades más importantes, además de la cabecera, son Esperanza, Cócorit y Pueblo Yaqui (CAJEME, 2009).



Figura 3. Mapa del Estado de Sonora donde se muestra el municipio de Cajeme. (CAJEME, 2009)

La ubicación de una zona de estudio determina y condiciona la relación de la misma con el clima y el microclima, y en consecuencia, su calidad como protector y agente regulador ante ellos. De tal modo que la orientación geográfica de sus fachadas, la posición y densidad de los edificios circundantes determinará la probabilidad de asoleamiento, iluminación y ventilación de sus ambientes en otras palabras determina su comportamiento global como regulador termino (Ulsamer B. , 2005).

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) informa que con el fin de llevar a cabo un análisis preciso del clima, es conveniente contar con toda la información general del Estado, Municipio, Localidad o Delegación, para lo anterior se debe delimitar el área de estudio con toda precisión anotando las diversas fronteras físicas o naturales que la confinan.

Adicionalmente se debe considerar la información referente al plan de desarrollo existente, en el que se autoriza el uso de suelo, así como se definen

las zonas aptas para el crecimiento urbano dimensionándolo, lo que permitirá prever zonas para la futura ubicación de infraestructuras.

Es conveniente contar con información topográfica de la región en estudio, esto con la finalidad de establecer las elevaciones, así como las características naturales o artificiales de la zona.

Como información complementaria se debe de contar con los principales datos climáticos:

- Climas.
- Temperatura (promedio, máxima absoluta, mínima absoluta).
- Precipitación pluvial.
- Humedad relativa.

## **2.3 Climas.**

### **2.3.1 Definición.**

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) define clima como el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie de la tierra, los cuales están controlado por una serie de elementos como: temperatura, humedad, presión, vientos y precipitaciones.

### **2.3.2 Tipos de climas en México.**

En México el clima está determinado por varios factores, entre los que se encuentran la altitud sobre el nivel del mar, la latitud geográfica, las diversas condiciones atmosféricas y la distribución existente de tierra y agua. Por lo anterior, el país cuenta con una gran diversidad de climas, los cuales de manera muy general pueden clasificarse, según su temperatura, en cálido y templado; y de acuerdo con la humedad existente en el medio, en: húmedo, sub-húmedo y muy seco (CONAGUA, 2010).

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) clasifica cada uno de estos climas según sus características (Figura 4.).

El clima seco se encuentra en la mayor parte del centro y norte del país, región que comprende el 28.3% del territorio nacional; se caracteriza por la circulación de los vientos, lo cual provoca escasa nubosidad y precipitaciones de 300 a 600 mm anuales, con temperaturas en promedio de 22° a 26° C en algunas regiones, y en otras de 18° a 22° C.

El clima muy seco registra temperaturas en promedio de 18° a 22° C, con casos extremos de más de 26°C; presentando precipitaciones anuales de 100 a 300 mm en promedio, se encuentra en el 20.8% del país.

En relación al clima cálido, éste se subdivide en cálido húmedo y cálido subhúmedo. El primero de ellos ocupa el 4.7% del territorio nacional y se caracteriza por tener una temperatura media anual entre 22° y 26°C y precipitaciones de 2,000 a 4,000 mm anuales. Por su parte, el clima cálido subhúmedo se encuentra en el 23% del país; en él se registran precipitaciones entre 1,000 y 2,000 mm anuales y temperaturas que oscilan de 22° y 26°, con regiones en donde superan los 26°C.

Finalmente, el clima templado se divide en húmedo y subhúmedo; en el primero de ellos se registran temperaturas entre 18° y 22°C y precipitaciones en promedio de 2,000 a 4,000 mm anuales; comprende el 2.7% del territorio nacional. Respecto al clima templado subhúmedo, se encuentra en el 20.5% del país, observa en su mayoría temperaturas entre 10° y 18° C y de 18° a 22°C; sin embargo, en algunas regiones puede disminuir a menos de 10°C; registra precipitaciones de 600 a 1,000 mm en promedio durante el año.

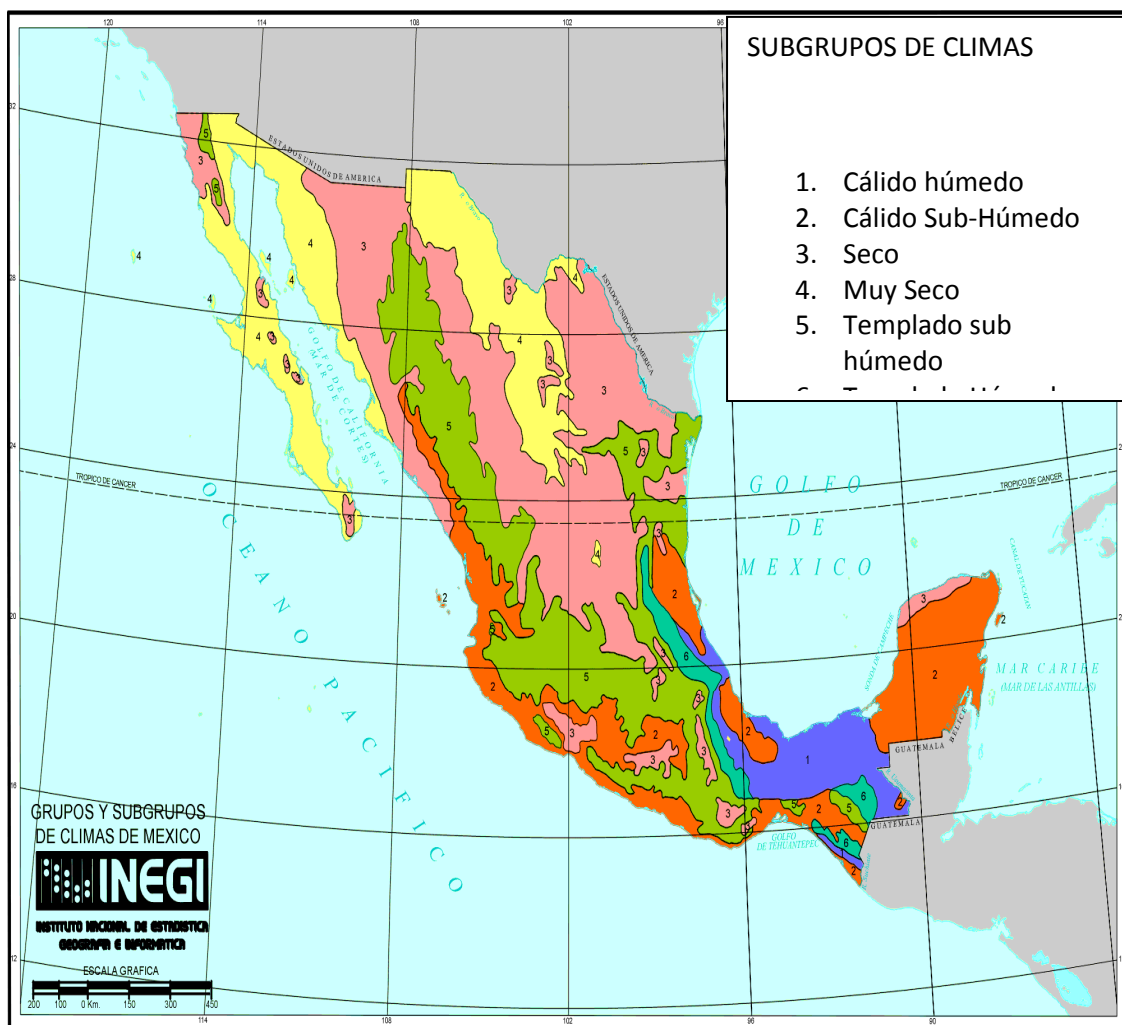


Figura 4. Mapa de México dividido según el clima. (INEGI, 2009)

### 2.3.3 Clima en la región.

El Municipio de Cajeme presenta un clima cálido, semidesértico, poco extremo con tendencia a cálido seco durante la mayor parte del año. Las lluvias suelen presentarse durante los meses de julio, agosto, y septiembre. Estas lluvias, según el Anuario Estadístico Municipal de de Cajeme (2009), suman aproximadamente el 70% de su precipitación anual que son originadas por tormentas tropicales. Mientras que los meses de diciembre y enero representan el 30% restante, las cuales son ocasionadas por zonas de baja presión sub-polar (zonas de interferencia de masas de aires polares y tropicales) (CAJEME, 2009).

## 2.4 Temperatura.

### 2.4.1 Definición.

(Blum, 2007) define la temperatura como “un número que expresa, en una determinada escala definida, el grado de calor o frío de un cuerpo”. Lo cual es un término totalmente subjetivo.

(Nieto, 1993) determinó que la temperatura de un objeto se construye frecuentemente como la mezcla de calor y frío que posee y adquiere el cuerpo.

Lo cual crea la confusión de los términos calor (cantidad de calor) y temperatura (intensidad de calor). De modo que una definición más concreta sería la magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente (Real Academia Española, 2013).

### 2.4.2 Temperatura en Ciudad Obregón.

Ciudad Obregón cuenta con temperaturas máximas elevadas oscilando entre los 35°C y los 50°C. En la Tabla 2 se muestran las temperaturas promedio máxima, promedio mínima, record máxima y record mínima registradas en los últimos 40 años.

Tabla 2. *Parámetros climáticos promedios de Ciudad Obregón.*

| Mes                                    | Ene. | Feb. | Mar | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Anual |
|----------------------------------------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Temperatura promedio máxima registrada | 25   | 26   | 28  | 32   | 35   | 37   | 37   | 37   | 37   | 35   | 30   | 26   | 37    |
| Temperatura promedio mínima registrada | 9    | 10   | 10  | 14   | 17   | 23   | 25   | 27   | 25   | 19   | 13   | 10   | 9     |
| Temperatura máxima registrada          | 35   | 35   | 36  | 41   | 42   | 44   | 50   | 45   | 44   | 42   | 38   | 38   | 50    |
| Temperatura mínima registrada          | 0    | 1    | 2   | 6    | 4    | 12   | 16   | 15   | 11   | 10   | 1    | 2    | -2    |

Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2009.

## **2.5 Precipitación.**

### **2.5.1 Definición.**

La Comisión Nacional del Agua Define Precipitación como las partículas de agua líquida o sólida que caen desde la atmósfera hacia la superficie terrestre, su unidad de medida está en milímetros (mm).

De igual manera Brenes & Saborío (1995) dan su definición de precipitación la cual tiene sus orígenes en el latín *presipitatio*, lo que significa *una cosa que cae de repente*. Una definición más apropiada aportada por ellos mismos es el vapor del agua condensado liquido o solido que cae sobre la superficie de la tierra.

### **2.5.2 Influencia de la precipitación en la temperatura.**

La precipitación influye en la temperatura de manera muy particular como lo explica Comte (2012) del Departamento De Geofísica De La Universidad De Chile “Existe una relación inversamente proporcional, a menor temperatura, mayor precipitación, suponiendo que la humedad y evaporación alta es constante”.

## **2.6 Humedad relativa.**

### **2.6.1 Definiciones.**

Pesante en 2012 hace las siguientes definiciones sobre la humedad las cuales ayudaran a una mejor comprensión del concepto:

a) Humedad absoluta. Es la cantidad de agua que contiene una masa de aire. Se mide en gramos de agua/kg de aire seco.

b) Humedad absoluta de aire saturado. Es la cantidad máxima de agua en estado de vapor que es capaz de contener un kg de aire a determinada temperatura.

c) Humedad relativa. Es la relación entre la humedad absoluta del aire y la humedad absoluta del aire saturado para la misma temperatura. Se mide en un porcentaje que indica con qué facilidad el aire evapora al agua.

Por su parte Whitman & Johnson (1996) definen humedad relativa como el porcentaje de humedad que contiene el aire en comparación con la capacidad de aire para tener la humedad

### **2.6.2 Importancia de la humedad relativa con respecto al confort térmico.**

Como se mencionó en las definiciones anteriores la humedad es el contenido de vapor a agua que tiene el aire y la humedad relativa es el porcentaje de humedad que tiene el aire con respecto al máximo que admitirá.

El mecanismo por el cual se elimina el calor del organismo es a través de la transpiración. Cuando más humedad haya, menor será la transpiración; por eso es más agradable un calor seco que un calor húmedo (Guasch, 2007).

## **2.7 Arquitectura bioclimáticas.**

### **2.7.1 Definición.**

La arquitectura bioclimática según Garzón (2007) es aquella arquitectura que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort higrotérmico interior y exterior. En el diseño de las casas se toma en cuenta el recurso del diseño que permiten las condiciones favorables del clima y del medio natural. También ofrece protección de los impactos desfavorables del ambiente externo.

La arquitectura bioclimáticas no tiene que ser precisamente unas obras de arte como se usa en la actualidad, las arquitecturas bioclimáticas tratan de que la estructura brinde mayor confort a los habitantes y que sea más económica para ellos.

La arquitectura bioclimática para lograr que dé el rendimiento adecuado se tiene que tomar en cuenta varios puntos muy importantes como la orientación de la vivienda y el tipo de material con que se piensa construirla ya que esto te ayuda a consumir menos energía y ayuda a aprovechar mas los rayos del sol.

### **2.7.2 Importancia de la arquitectura bioclimática.**

Este tipo de arquitectura es de gran importancia para lograr un buen confort dentro de una vivienda de interés social porque la región de Ciudad Obregón es una de las más calurosas del país y ésto no es tomado en cuenta por los diseñadores y dueños de los fraccionamientos. Esta falta de importancia por generar viviendas con un clima más agradable genera una vivienda menos confortable con una tendencia a elevar los gastos por consumo energético en la temporada de calor.

## **2.8 Orientación de la vivienda.**

### **2.8.1 Importancia de la orientación.**

La arquitecta Padilla en 2012 explica en su artículo “Diseño De Una Vivienda Sostenible” que “la orientación depende de las prioridades en el aprovechamiento del viento dominante, iluminación y el asoleamiento. En los climas fríos las zonas habitadas de la vivienda deben orientarse al soleamiento y procurar dar la espalda a los vientos dominantes. En todo caso si el viento dominante coincide con el asoleamiento, el viento se debe modificar mediante la vegetación. Cosa difícil de lograr con el sol. En el clima caluroso se debe evitar mediante árboles que den sombra o poniendo los locales en donde no importa el calor con orientación hacia el sol”.

### **2.8.2 Orientación Este.**

Según Padilla (2012) los rayos solares inciden solamente en las primeras horas de la mañana. En el verano cuando el sol sale por el este, los rayos incidirán en las primeras horas de la mañana. El sol estará muy bajo en el cielo, y en general no será muy intenso; en el invierno, el sol se levanta más hacia el sureste, y por esto, el tiempo de incidencia es menor.

## **2.9 Vivienda.**

### **2.9.1 Definición.**

El Instituto Nacional de Geografía e informática (INEGI) define vivienda como el espacio delimitado normalmente por paredes y techos de cualquier material, con entrada independiente, que se utiliza para vivir, esto es, dormir, preparar los alimentos, comer y protegerse del ambiente.

Por su parte Wiesenfeld (1995) definió como vivienda familiar (normal o corriente) a toda habitación o conjunto de habitaciones y sus dependencias que ocupan un edificio o parte estructuralmente separada del mismo y que, por la forma en que han sido construidas, reconstruidas o transformadas, están destinadas a ser habitadas por una o varias personas.

Otra definición es la proporciona Ulsamer (2005), el cual considera como vivienda a cualquier recinto, separado e independiente, construido o adaptado para el albergue de personas.

### **2.9.2 Consideraciones de una vivienda.**

La Coordinación General Del Plan Nacional De Zonas Deprimidas COPLAMAR en 1990 dicta que toda vivienda debe proveer suficiente protección, higiene, privacidad y comodidad parámetros que a continuación se desarrollan.

**Protección:** es la capacidad de la vivienda para aislar a sus ocupantes en una forma suficiente, permanente y regulable a voluntad, de agentes exteriores potencialmente agresivos. Estos últimos pueden ser de origen climático (calor, frío, lluvia, nieve, vientos etc.), de origen residual (polvo o ruido), producidas por catástrofes (tormentas, inundaciones, tornados) o la agresión directa de animales.

**Higiene.** Toda vivienda debe de ofrecer condiciones de higiene suficientes para prevenir la probabilidad de que los ocupantes contraigan alguna enfermedad, cuyo origen sea imputable directa o indirectamente a la vivienda.

**Privacidad.** La cual tiene dos consideraciones interna y externa.

La privacidad externa es muy similar al concepto de protección y se refiere fundamentalmente a la capacidad que tiene el grupo que ocupa la vivienda para aislarse del medio social físico exterior. Esto sólo es posible mediante un buen diseño y un uso correcto de los materiales para la construcción.

La privacidad interna, por su parte, consiste en la amplitud de la vivienda para hacer posible cierto grado de aislamiento voluntario de algunos ocupantes respecto a los demás, de forma que se subdivide el espacio interno de la vivienda de modo que exista una separación visual y acústica entre los ocupantes de la vivienda.

**Comodidad y funcionalidad.** Para que una vivienda cumpla con los requisitos de protección, higiene, y privacidad, y sea además, cómoda y funcional debe de tener un orden espacial que respete los modos y medios con los que el usuario realiza sus actividades; de modo que cada usuario debe tener un espacio suficiente y agradable con una temperatura agradable y el mobiliario indispensable para sus actividades.

### **2.9.3 Materiales.**

En el Municipio de Cajeme las viviendas se construyen con materiales tradicionales los cuales son con el uso de ladrillos, blocks, acero, cemento, arena, grava, agua, concreto armado, morteros en aplanados y yesos, pisos de cerámica, estos materiales ofrecen un bajo nivel de confort térmico, de igual manera las técnicas en las cuales son empleados estos materiales en la construcción de viviendas no favorecen al confort térmico del ser humano. Es decir, se depende de un sistema de enfriamiento artificial para lograr mantener esté confort térmico del ser humano tal como el aire acondicionado el cual afecta los consumos de energía eléctrica de las viviendas (CAJEME, 2009).

### **2.9.4 Componentes de la vivienda.**

Las viviendas deben de tener como componentes la buena distribución de sus áreas y espacios habitables dentro de sus interiores así como sus exteriores.

Los componentes más frecuentes con que debe de contar son sala, comedor, baños, recámaras y cocinas; estos componentes son indispensables para que una vivienda pueda ser habitada en condiciones favorables para las personas.

La viviendas debe de contar con una serie de componentes en sus exteriores como lo son (un patio, lavaderos, cochera etc.) que brinde las condiciones habitables requeridas por el ser humano (Ulsamer, 2005).

## **2.10 Vivienda sustentable.**

### **2.10.1 Definición.**

El informe BRUNDTLAND de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1987) proclamó el **desarrollo sustentable** como la meta central de la política ambiental y lo definió como: "El desarrollo que satisface las

necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, de satisfacer sus propias necesidades".

A partir de entonces se ha definido a la vivienda sustentable como el conjunto de actividades tendientes a "satisfacer las necesidades de vivienda e infraestructura del presente sin comprometer la capacidad de dar respuestas a las demandas de generaciones futuras". (Organi-k, 2011). Este concepto define que la vivienda sustentable debe ser capaz de optimizar varios recursos para entonces si ser capaz de generar y sostener su propias demandas tales por ejemplo como electricidad, ventilación y almacenamiento del agua a través de actos de la naturaleza tales como la lluvia, la luz solar, los acuíferos subterráneos, neblina, aire, todo esto sin comprometer el confort de sí misma, esto se debe lograr para no comprometer los recursos de las futuras poblaciones.

### **2.10.2 Características de una vivienda sustentable.**

El Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT, 2010) fomenta la construcción de vivienda sustentable y dicta que una vivienda sustentable debe cumplir con las siguientes características:

- Están cerca de transporte público, escuelas y hospitales, clínicas de salud, tiendas y mercados.
- Tienen acceso a servicios públicos, como recolección de basura, alumbrado público, drenaje, abasto de agua.
- Cuentan con un tamaño adecuado y tienen posibilidades de ampliarse a futuro.
- Los materiales con los que están construidas son de buena calidad y hacen que la vivienda esté en buen estado.
- Están cerca de centros de trabajo.
- Cuentan con servicios básicos como agua, luz, gas y drenaje.
- En sus alrededores puedes encontrar acceso a transporte público.
- Cuentan con espacios públicos de esparcimiento, por ejemplo, parques, jardines y canchas deportivas.

- Quienes viven ahí se organizan en comunidades de vecinos, como comités de administración, vigilancia y mantenimiento.

### 2.10.3 Viviendas sustentables en México.

A continuación se presenta la Tabla 3 donde se muestran los proyectos de viviendas sustentables construidas en México en el periodo de 1970 a 2007.

Tabla 3. *Viviendas sustentables en México*

| <b>Ciudad</b>                           | <b>Fraccionamiento/Empresa</b>                     | <b>Año</b> |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|------------|
| Tlaxcala                                | Colonia semirural                                  | 1970       |
| San Luis Potosí<br>La Paz<br>Chihuahua. | Prototipos de Infonavit                            | 1980       |
| Guadalajara                             | Fraccionamiento residencial ecológico los Guayabos | 1990       |
| Cd. Juárez                              | Fraccionamiento hacienda de las torres             | 1990       |
| Distrito Federal<br>Cuernavaca          | Fraccionamiento verdes                             | 1998       |
| Colima (x2)                             | Vivienda sustentable                               | 1994       |
| Hermosillo                              | CEMEX                                              | 1999       |
|                                         | Vivienda bioclimática ICA                          | 2002       |
|                                         | Vivienda bioclimática URBI                         | 2004       |
|                                         | Vivienda térmica CCCh                              | 2005-2006  |

Fuente: Instituto de Ingeniería de La Universidad Nacional Autónoma de México (2008).

## 2.11 Casas ecológicas.

### 2.11.1 Definición.

Casas ecológicas es una expresión que se ha convertido en sinónimo de vivienda sostenible aunque en sentido etimológico estricto, una casa ecológica no tendría porque contemplar también los aspectos económicos y sociales, (Paredes, 2011) sólo buscar la estabilidad de las personas que las habiten y que tengan un confort sustentable.

Una casa ecológica es aquella que debido a la forma que tiene y a los materiales con los que está construida (respetando el medio ambiente) y según los criterios bioclimáticos del lugar, debe de presentar las condiciones de un mayor ahorro energético y económico para los residentes de la vivienda, y por lo tanto un crecimiento sostenible (Schleifer, 2007).

### **2.11.2 Tipos de casas ecológicas.**

(Müller, 2006), las casas ecológicas se pueden clasificar en: bioclimáticas, construcción sostenible, y vasoconstricción.

Bioclimáticas: tratar de disminuir el uso de fuentes energéticas y aprovechar la orientación de la vivienda con respecto al sol.

Construcción sostenible: se debe de contar con los materiales que se encuentran en la localidad para hacerlas más económicas y sustentables.

Vasoconstricción: Se deben usar en la construcción, materiales que no sean dañinos para el medio ambiente.

## **2.12 Conductividad térmica de los materiales.**

### **2.12.1 Definición.**

Bassegoda (1984) definió conductividad térmica como “la cantidad de calor que pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de extensión infinita y caras plano-paralelas y de espesor unidad, cuando se establece una diferencia de temperaturas entre sus caras de un grado”.

Una definición más simple de conductividad térmica es “si dos cuerpos (ya en contacto, separados por un fluido (aire), ya separados y en el vacío) o dos partes del cuerpo están a distintas temperaturas, tiene lugar un transporte de

energía calorífica que va de la temperatura más alta a la temperatura más baja, hasta que las temperaturas se igualan.

Una definición más general sería la medida de la capacidad para conducir calor de un material (Alzate, 2003).

### **2.12.2 Tipos de conductividad térmica.**

Según Allen (2003) existen 3 formas diferentes de transmisión de energía térmica de un lugar a otro: conducción, convección y radiación.

En la conducción la energía se transmite en forma de calor como consecuencia de la interrelación entre átomos o moléculas, aunque no existe un transporte de los propios átomos o moléculas.

En la convección el calor se transfiere mediante un transporte directo de masa.

En la radiación, la energía térmica se transporta a través del espacio en forma de onda electromagnética que se mueven a la velocidad de la luz.

### **2.12.3 Conductividad en los materiales para construcción**

Los materiales que tienen un alto grado de conductividad térmica se denominan conductores mientras que los de baja conductividad térmica se denominan aislantes (Collieu, 1997).

En la construcción de viviendas se ha estado usando materiales de aislante térmico por la cualidad de ayudar a mantener cálidas las viviendas en climas fríos y mantenerlas frescas en climas secos, y también aportan estabilidad térmica dentro de la vivienda.

La conductibilidad de materiales en la construcción establece una barrera térmica al paso de calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperaturas, entendiendo que sin la ayuda de la conductividad

de materiales las temperaturas dentro de una vivienda se elevarían y resguardaría toda la temperatura del medio ambiente y estos presentarías una vivienda con condiciones térmicas insoportables para ser habitada.

La madera es un material muy común utilizado en el desarrollo de viviendas este material es uno de los mas aislantes que el hombre posee solo superado por el corcho entre unos materiales sintéticos tales como el polietileno y poliuretanos. Según Caamaño (2003) "La madera es 12 veces más aislante que el hormigón" y la madera es 500 veces más aislante que el acero".

En la Tabla 4 se puede apreciar los coeficientes de conductividad térmica ( $\lambda$ ) de una gran variedad de materiales para la construcción, los cuales fueron obtenidos de la Norma Mexicana y son usados para la determinación del valor "R" para las envolventes de la vivienda por zona térmica para la República mexicana.

El block es un material muy utilizado en la actualidad para la construcción de muros de viviendas, esto por su bajo costo, uniformidad, rendimiento en la construcción y bajo peso en comparación con el ladrillo esto según la Tabla 4.

Las losas de vigueta y bovedilla es otro elemento que nos permite un mejor aislamiento térmico en comparación con una losa maciza, según un estudio realizado por la CONAVI en 2008 existe un ahorro significativo de un 41%, aunado a esto la conductividad térmica que nos brinda la vigueta que es un material de Polietileno es apenas un 6% de la conductividad térmica que nos proporciona un concreto ligero al interior.

Tabla 4. *Valores de conductividad y aislamiento térmico de diversos materiales.*

| VALORES DE CONDUCTIVIDAD Y AISLAMIENTO TÉRMICO DE DIVERSOS MATERIALES |          |               |                        |
|-----------------------------------------------------------------------|----------|---------------|------------------------|
| MATERIAL                                                              | DENSIDAD | CONDUCTIVIDAD | AISLAMIENTO<br>TÉRMICO |
| <b>MATERIAL RESISTENTE</b>                                            |          |               |                        |
| <b>Tabique rojo recosido común</b>                                    |          |               |                        |
| Al exterior                                                           | 2000     | 0.872         | ---                    |
| Con recubrimiento                                                     | ---      | 0.768         | ---                    |
| Al interior                                                           | ---      | 0.698         | ---                    |
| <b>Tabique de barro extruido</b>                                      |          |               |                        |
| sólido vibrado,p/acabado exterior                                     | 2050     | 1282          | ---                    |
| Bloque hueco vertical, (60 a 67% solido)                              | 2050     | 0.998         | ---                    |
| Bloque hueco vertical, relleno                                        | 2050     | 0.575         | ---                    |
| <b>Tabique ligero con recub. Imperm. por fuera</b>                    |          |               |                        |
| Densidad                                                              | 1600     | 0.698         | ---                    |
| Densidad                                                              | 1400     | 0.582         | ---                    |
| Densidad                                                              | 1200     | 0.523         | ---                    |
| Densidad                                                              | 1000     | 0.407         | ---                    |
| <b>Tabique ligero al exterior</b>                                     | 1600     | 0.814         | ---                    |
| Bloque de concreto celular c/autoclave                                |          |               |                        |
| Densidad                                                              | 450      | 0.12          | ---                    |
| Densidad                                                              | 600      | 0.21          | ---                    |
| Densidad                                                              | 500      | 0.19          | ---                    |
| Densidad                                                              | 600      | 0.21          | ---                    |
| <b>Bloque de concreto</b>                                             |          |               |                        |
| 20 cm de espesor, 2 o 3 huecos                                        | 1700     | ---           | 0.18                   |
| el mismo con perlita                                                  | 1700     | ---           | 0.36                   |
| el mismo con vermiculita                                              | 1700     | ---           | 0.3                    |
| <b>Concreto</b>                                                       |          |               |                        |
| Armado                                                                | 2300     | 1.740         | ---                    |
| Simple al exterior                                                    | 2200     | 1.280         | ---                    |
| Ligero al exterior.                                                   | 1250     | 0.689         | ---                    |
| Ligero al interior                                                    | 1250     | 0.582         | ---                    |
| <b>Mortero</b>                                                        |          |               |                        |
| Cemento arena                                                         | 2000     | 0.63          | ---                    |
| con vermiculita                                                       | 500      | 0.18          | ---                    |
| con arcilla expandida                                                 | 750      | 0.25          | ---                    |
| Asbesto cemento, placa                                                | 1800     | 0.582         | ---                    |
| Asbesto cemento, placa                                                | 1360     | 0.25          | ---                    |
| <b>Polietileno</b>                                                    | ---      | 0.035         | ---                    |

Fuente: Norma Mexicana NMX-c-460-0nncce-2009

## **2.13 Confort.**

### **2.13.1 Definición.**

El confort térmico se define en la norma ISO 7730 como esa condición de la mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico.

El confort es aquello que produce bienestar y comodidades. Cualquier sensación agradable o desagradable que sienta el ser humano le impide concentrarse en lo que tiene que hacer. La mejor sensación global durante la actividad es la de no sentir nada, indiferencia frente al ambiente. Esa situación es el confort. Al fin y al cabo, para realizar una actividad el ser humano debe ignorar el ambiente, debe tener confort.

Una temperatura de confort es la temperatura en la que el cuerpo se siente cómodo, esta temperatura se suele utilizar en los comercios para crear un espacio agradable al usuario (Triveri, 2008).

### **2.13.2 Temperatura.**

Existen varios criterios de temperatura que pueden llevar al ser humano a concebir un estado de confort dentro de las viviendas nominadas según García (2007) del libro Instalación De Refrigeración y Aire Acondicionado.

Temperatura efectiva I: esta pretende cuantificar la sensación de confort en base a una cierta temperatura efectiva y se refiere a aquellas temperatura con un 50% de humedad, que genera la misma sensación de confort que una combinación de valores diversos entre temperatura y humedad.

Temperatura de confort: esta se refiere a dichas temperaturas del aire elevadas en las cuales la sensación de confort se percibe con menores niveles de enfriamiento lo que le genera un menor consumo de energía eléctrica.

Temperatura efectiva II: este concepto combina la temperatura con la velocidad del aire mediante este concepto se puede decir que el confort se logra cuando la temperatura efectiva esta entre  $-1.67$  y  $+ 1.11$  grados centígrados.

Temperatura de sensación: esta temperatura con una temperatura y humedad en verano y velocidad del aire en invierno.

Estas temperaturas mencionadas anteriormente tienen como propósito ofrecernos distintos conceptos de temperatura para lograr un confort térmico dentro de una vivienda.

### **2.13.3 Humedad.**

La humedad es un término que indica la concentración de vapor de agua a la atmósfera y es un factor importante a la hora de definir la sensación de calor o sensación térmica dentro de la vivienda (Rechea, 2002).

El cuerpo humano mantiene una temperatura de 37 grados Celsius esto se logra mediante la sudoración, que tan fácil o difícilmente logra el cuerpo esto depende de la temperatura así también como de la humedad del ambiente, por ejemplo si la temperatura es elevada y la humedad relativa es alta se dificulta el proceso de evaporación y, por tanto, el cuerpo humano convivirá una sensación de mayor calor, y viceversa si la humedad relativa es baja el sudor se evapora más rápidamente y el cuerpo regula más fácilmente su temperatura de 37 grados Celsius.

### **2.13.4 Sensación térmica.**

Gutiérrez (1991) define la sensación térmica como una cantidad que expresa el malestar que se siente como un resultado de los efectos combinados de la temperatura, la humedad del aire y la velocidad del viento. De modo que la sensación térmica se puede entenderse como una temperatura que está en función de la temperatura de un termómetro simple y la humedad relativa del área.

En la Figura 5 correspondiente a la carta bioclimática de Olgyay, aparece en gris la zona que corresponde al confort. Esta zona está limitada por la temperatura del aire entre los 21°C y los 27°C y la humedad relativa entre 20% y 75%, con una zona de exclusión para el aire demasiado cálido y húmedo (sudor). Además, el gráfico muestra:

- Las sensaciones fisiológicas de las zonas periféricas
- Los límites de la actividad o el riesgo en función de las condiciones de calor y humedad
- La tolerancia a las bajas temperaturas cuando aumenta el arropamiento.

En la Tabla 5 se observa los rangos de temperatura de confort en función de la sensación térmica, la cual fue obtenida de la tabla de índice de calor, y describe la sensación térmica según el rango de temperatura y una posible recomendación dependiendo.

Tabla 5. *Rangos de temperatura de la sensación térmica de confort.*

| Rango de la sensación térmica | Sensación térmica o confort  | Recomendación                                   |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------|
| 16°C a 26°C                   | De poco frío a Muy agradable | Ninguna                                         |
| 27°C a 31°C                   | Agradable                    | Ninguna                                         |
| 32°C a 39°C                   | Tolerable                    | Uso de aparatos de acondicionamiento climático. |
| 40°C a 55°C                   | Desagradable                 | Uso de aparatos de acondicionamiento climático  |

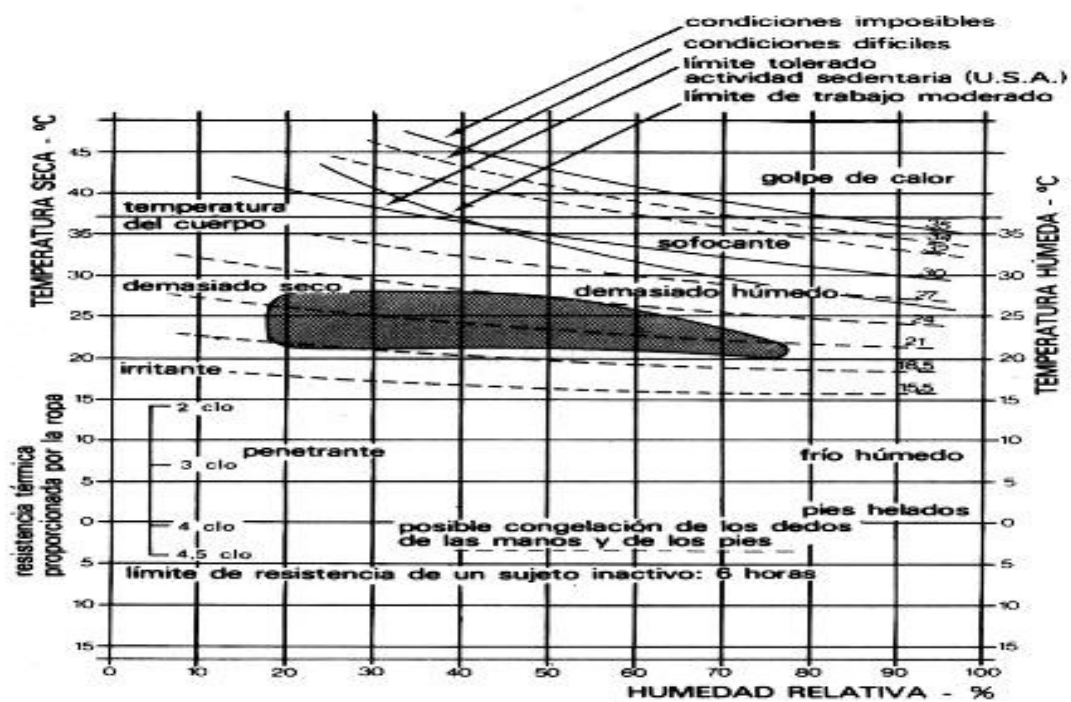


Figura 5. Carta bioclimática de Olgyay (Olgyay, 1973)

## **CAPÍTULO III MÉTODO**

### **3.1 Tipo de investigación.**

La investigación se llevó a cabo bajo un enfoque cuantitativo el cual “utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población” (Hernández, 2003).

Su nivel fue descriptivo, los cuales estudian situaciones que generalmente ocurren en condiciones naturales, más que aquellas que se basan en situaciones experimentales por definición (Gómez, 2006).

Su propósito fue la aplicación para un proyecto factible. De modo que con los resultados obtenidos se produjeron nuevas maneras en el diseño de viviendas.

### **3.2 Ubicación del objeto de estudio**

El Fraccionamiento donde está la vivienda en estudio, está ubicado en el este de Cd. Obregón, y se localiza a los 27°27'45.86"N de latitud norte y a los - 109°54'31.74"O de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 39 metros sobre el nivel del mar, es un terreno llano que anteriormente se utilizó como terreno de cultivos de trigo (CAJEME, 2009). Colinda al norte con la calle 300, al este con la carretera internacional México 15 Ciudad Obregón-Navojoa, al oeste con el fraccionamiento Misión del Real y al sur con terreno agrícola.

La vivienda se encuentra orientada hacia el este, cuenta actualmente con un parque artificial al frente, y una zona llana atrás; al norte y al sur colinda con viviendas.

### **3.3 Participantes.**

En el estudio participaron alumnos y maestros del Instituto Tecnológico de Sonora, los cuales cumplieron con las siguientes funciones:

Los maestros cumplieron con la función de asesorar de manera técnica sobre conceptos y métodos para el desarrollo del estudio, de igual manera como generadores de ideas pro-mejoras del estudio.

Los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Sonora, los cuales se encargaron del desarrollo y redacción del presente documento, de igual manera realizaron los cálculos pertinentes y la elaboración de tablas y gráficas ilustrativas para una mejor comprensión del material desarrollado.

### **3.4 Materiales y equipo.**

Dentro de los instrumentos utilizados el más importante fue un registrador de datos (Data logger), el cual es un dispositivo electrónico que registra los datos en el tiempo o en relación a la ubicación con un sistema incorporado en el instrumento o el sensor. Los datos se programan utilizando software especializado (LogTag Analyzer), para activar un interfaz de registro y analizar los datos recogidos.

Uno de los principales beneficios del uso de registradores de datos es la capacidad de recopilar automáticamente datos de las 24 horas del día. Tras la activación, los registradores de datos normalmente se implementan y se deja sin supervisión para medir y registrar la información de la duración del período de seguimiento. Esto permite una imagen completa y precisa de las condiciones ambientales están controladas, tales como la temperatura del aire y la humedad relativa.

El software LogTag Analyzer, lee los datos, ejecuta y gráfíca la serie de datos que registra cada sensor. Se utilizó también una computadora que sirvió como herramienta principal en la ejecución de dicha información.

### **3.5 Procedimiento.**

A continuación se presenta el procedimiento llevado a cabo para la realización de este estudio, estipulando paso a paso de forma detallada cada uno de los procesos.

- Formalizar los acuerdos de trabajo con la empresa fraccionadora donde se realizó el estudio.

Se realizaron una serie de visitas a la empresa fraccionadora con el fin de formalizar acuerdos que ayudaron realizar dicho estudio, donde el Instituto Tecnológico de Sonora por medio del Departamento de Ingeniería Civil firmó

convenios de trabajo con la fraccionadora, dando a conocer la funcionalidad del proyecto y como los resultados de este ayudaría a la empresa.

- Seleccionar los sensores de medición de humedad y temperatura.

Se usaron 9 sensores data logger los cuales se instalaron en diferentes habitaciones de la vivienda y registraron los datos de temperatura y humedad relativa necesarios para la ejecución del estudio.

- Seleccionar las viviendas motivo del estudio.

Se seleccionó la vivienda localizada en la ubicación mencionada anteriormente, la cual contaba con orientación hacia el este; en la Figura 6 se muestra la fachada de la vivienda.

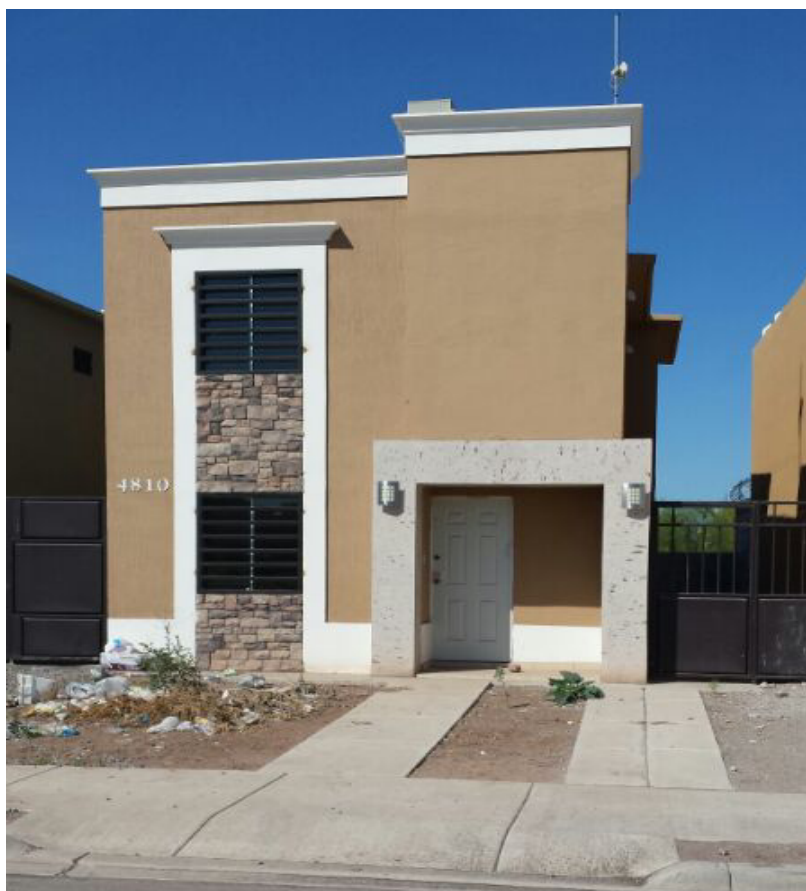


Figura 6. *Fachada de la vivienda en estudio.*

- Colocar y monitorear los sensores en las viviendas.

Se instaló un total de 9 sensores en la vivienda, colocados en la planta baja y la planta alta. En las Figuras 7 y Figura 8 se observa la ubicación de cada uno de los sensores según la sección de la vivienda.

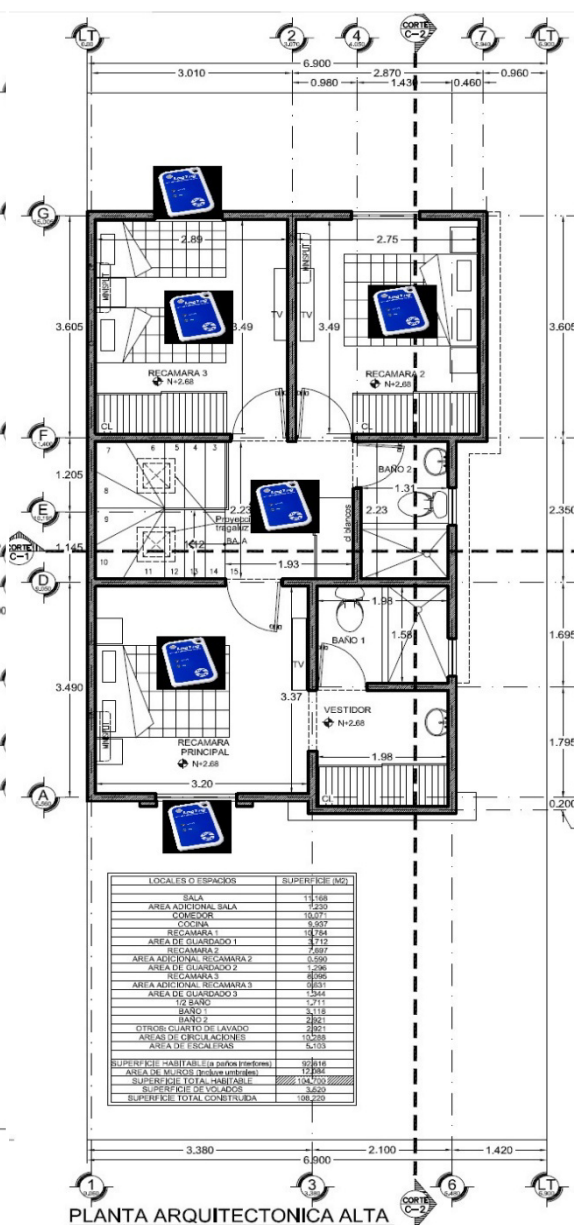
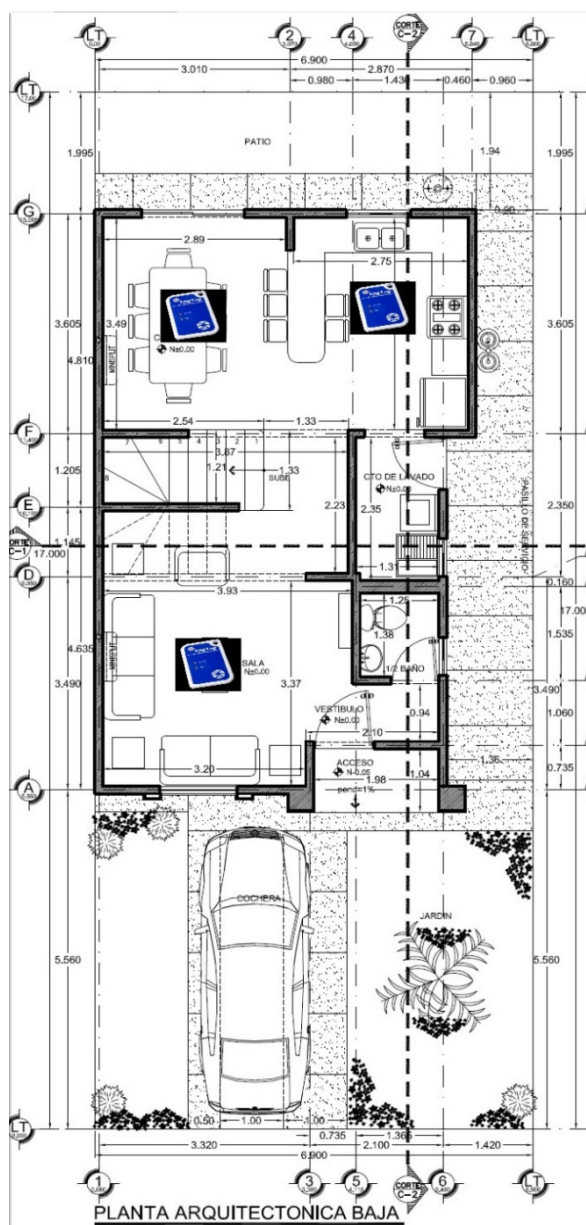


Figura 7. Ubicación de los sensores en la planta arquitectónica baja de la vivienda.

Figura 8. Ubicación de los sensores en la planta arquitectónica alta de la vivienda.

- Recolectar datos.

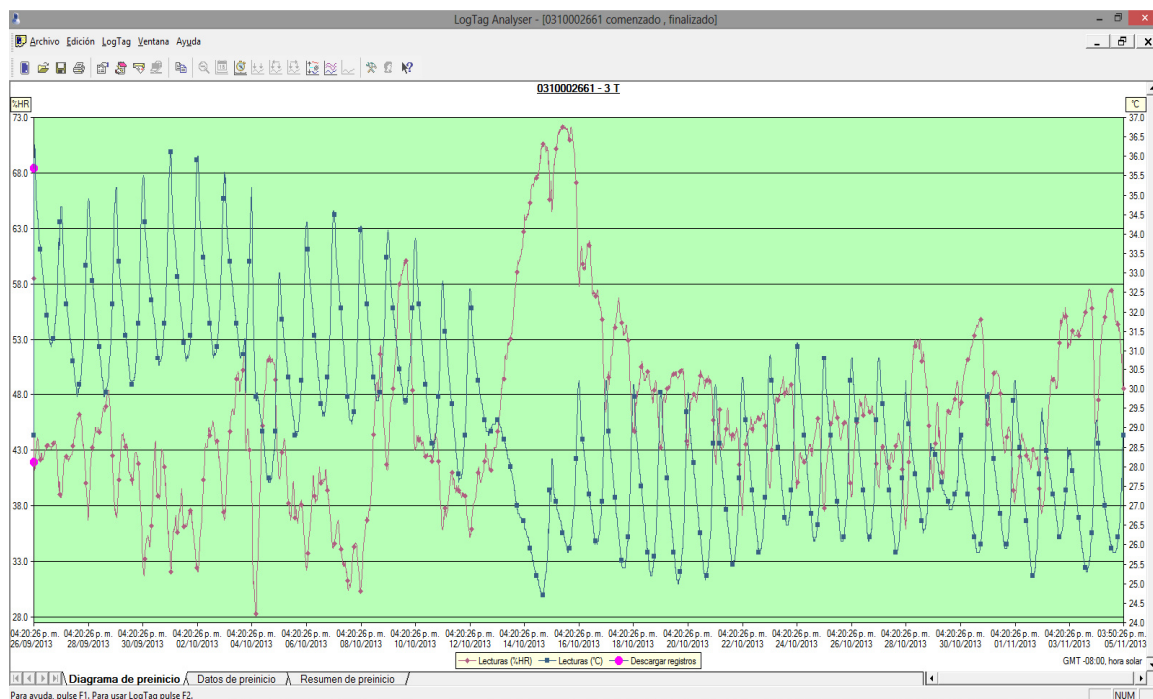
Los sensores se programaron para tomar registros de temperatura y humedad a un intervalo de 15 minutos, durante el período de 26 de septiembre de 2013 hasta 16 de enero de 2014, por lo que se hacían visitas cada 30 días para el vaciado de los datos recolectados por los sensores, lo anterior se hacía apoyados de un adaptador el cual se conectaba a cada sensor y transfería la información recabada hacia una computadora.

- Elaborar gráficas e interpretar la información obtenida.

La lectura de los datos recabados fue realizada con el programa Log Tag Analyzer el cual facilitó el análisis de los datos y la interpretación de estos mediante los diagramas de pre inicio que se muestran en la Figura 9 donde se observan dos diagramas uno para temperatura y el otro para humedad relativa.

La elaboración de gráficas se realizó con la tabla de datos de preinicio de la Figura 10 exportándola a una hoja de cálculo de Excel en la cual se seleccionaron los datos relevantes a las horas sol, para elaborar una tabla de temperaturas promedio y Humedad relativa promedio datos necesarios para obtener la sensación térmica, de modo que se obtuvo una tabla que contiene la temperatura promedio día, y la sensación térmica promedio día.

Posteriormente, se elaboró una tabla que integra las temperaturas y la sensación térmica promedio diaria, mediante las cuales se desarrollaron una serie de gráficas comparativas de temperatura y sensación térmica mensuales de cada habitación y la gráfica comparativa de todas las habitaciones tomando en cuenta solo la sensación térmica.

Figura 9. *Diagrama de preinicio.*

LogTag Analyser - [0310002661 comenzado, finalizado]

| Medida | Fecha      | Hora           | Intervalo | Lecturas (VHR) | Lecturas (T) |
|--------|------------|----------------|-----------|----------------|--------------|
| 1      | 26/09/2013 | 04:20:26 p. m. | 00:00:00  | 58.5           | 28.8         |
| 2      | 26/09/2013 | 04:35:26 p. m. | 00:15:00  | 41.9           | 35.7         |
| 3      | 26/09/2013 | 04:50:26 p. m. | 00:30:00  | 41.3           | 36.2         |
| 4      | 26/09/2013 | 05:05:26 p. m. | 00:45:00  | 41.2           | 36.3         |
| 5      | 26/09/2013 | 05:20:26 p. m. | 01:00:00  | 41.4           | 36.1         |
| 6      | 26/09/2013 | 05:35:26 p. m. | 01:15:00  | 41.6           | 36.0         |
| 7      | 26/09/2013 | 05:50:26 p. m. | 01:30:00  | 42.4           | 35.6         |
| 8      | 26/09/2013 | 06:05:26 p. m. | 01:45:00  | 42.9           | 35.2         |
| 9      | 26/09/2013 | 06:20:26 p. m. | 02:00:00  | 43.1           | 34.9         |
| 10     | 26/09/2013 | 06:35:26 p. m. | 02:15:00  | 43.3           | 34.8         |
| 11     | 26/09/2013 | 06:50:26 p. m. | 02:30:00  | 43.2           | 34.7         |
| 12     | 26/09/2013 | 07:05:26 p. m. | 02:45:00  | 43.6           | 34.6         |
| 13     | 26/09/2013 | 07:20:26 p. m. | 03:00:00  | 44.1           | 34.6         |
| 14     | 26/09/2013 | 07:35:26 p. m. | 03:15:00  | 44.1           | 34.4         |
| 15     | 26/09/2013 | 07:50:26 p. m. | 03:30:00  | 43.9           | 34.4         |
| 16     | 26/09/2013 | 08:05:26 p. m. | 03:45:00  | 43.6           | 34.3         |
| 17     | 26/09/2013 | 08:20:26 p. m. | 04:00:00  | 43.6           | 34.2         |
| 18     | 26/09/2013 | 08:35:26 p. m. | 04:15:00  | 43.3           | 34.1         |
| 19     | 26/09/2013 | 08:50:26 p. m. | 04:30:00  | 43.0           | 34.0         |
| 20     | 26/09/2013 | 09:05:26 p. m. | 04:45:00  | 42.9           | 33.9         |
| 21     | 26/09/2013 | 09:20:26 p. m. | 05:00:00  | 42.1           | 33.8         |
| 22     | 26/09/2013 | 09:35:26 p. m. | 05:15:00  | 42.2           | 33.8         |
| 23     | 26/09/2013 | 09:50:26 p. m. | 05:30:00  | 42.0           | 33.7         |
| 24     | 26/09/2013 | 10:05:26 p. m. | 05:45:00  | 42.1           | 33.6         |
| 25     | 26/09/2013 | 10:20:26 p. m. | 06:00:00  | 42.1           | 33.6         |
| 26     | 26/09/2013 | 10:35:26 p. m. | 06:15:00  | 42.4           | 33.4         |
| 27     | 26/09/2013 | 10:50:26 p. m. | 06:30:00  | 42.7           | 33.4         |
| 28     | 26/09/2013 | 11:05:26 p. m. | 06:45:00  | 42.7           | 33.3         |
| 29     | 26/09/2013 | 11:20:26 p. m. | 07:00:00  | 42.6           | 33.3         |
| 30     | 26/09/2013 | 11:35:26 p. m. | 07:15:00  | 42.4           | 33.2         |
| 31     | 26/09/2013 | 11:50:26 p. m. | 07:30:00  | 42.3           | 33.1         |
| 32     | 27/09/2013 | 12:05:26 a. m. | 07:45:00  | 42.1           | 33.0         |
| 33     | 27/09/2013 | 12:20:26 a. m. | 08:00:00  | 42.1           | 32.9         |

Diagrama de preinicio / Datos de preinicio / Resumen de preinicio

Para ayuda, pulse F1. Para usar LogTag pulse F2.

Figura 10. *Datos de preinicio*

## **CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Resultados.**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del estudio ensayado en la vivienda, el cual pretende comparar las temperaturas de cada una de las habitaciones así como las obtenidas en la parte exterior frontal y exterior trasera de la vivienda, la información recolectada de los sensores de temperatura y humedad fueron procesados en una hoja de cálculo de Excel, con la finalidad de agrupar la información en días, semanas y meses para posteriormente elaborar gráficas comparativas.

Los datos obtenidos por los sensores proporcionaron una gran muestra de datos, es por ello que se decidió sólo utilizar los datos en el horario comprendido de 7:00 am a las 19 horas pm, con esto se reduce la muestra de datos a la mitad, de igual manera los datos se promediaron por día de modo que se obtuvo una temperatura promedio día y una humedad relativa promedio.

Tabla 6. *Sensación térmica con respecto a la temperatura y la humedad relativa.*

[illegible]

Como se mencionó en el capítulo 2 la sensación térmica está en función de la temperatura y la humedad relativa que son los parámetros antes mencionados. Mediante estos parámetros y la Tabla 6 se obtuvo la sensación térmica.

La elaboración de las gráficas se realizó de la siguiente manera:

Primero se elaboraron gráficas comparativas semanales de cada una de las habitaciones, las cuales tienen la finalidad de comparar la temperatura promedio diaria con la sensación térmica promedio diaria, cabe mencionar que la presencia de humedad en el ambiente puede aumentar o disminuir la sensación térmica dependiendo de la temperatura.

Es importante tomar en cuenta que los únicos factores geología no afectan la sensación térmica ya que no se encuentran protuberancias rocosas cerca de la zona de estudio y el suelo donde se elaboro el estudio es un suelo aluvial sin agregados gruesos, por lo que la absorción de calor por parte del suelo es mínima. De igual manera la topografía de la zona no afecta.

En las Figuras de la número 11 a la 19 se compara la temperatura promedio capturada por el sensor y la sensación térmica obtenida de la Tabla 6, estas gráficas se realizaron con la finalidad de comparar el diferencial entre la temperatura de la sensación térmica respecto a la temperatura registrada.

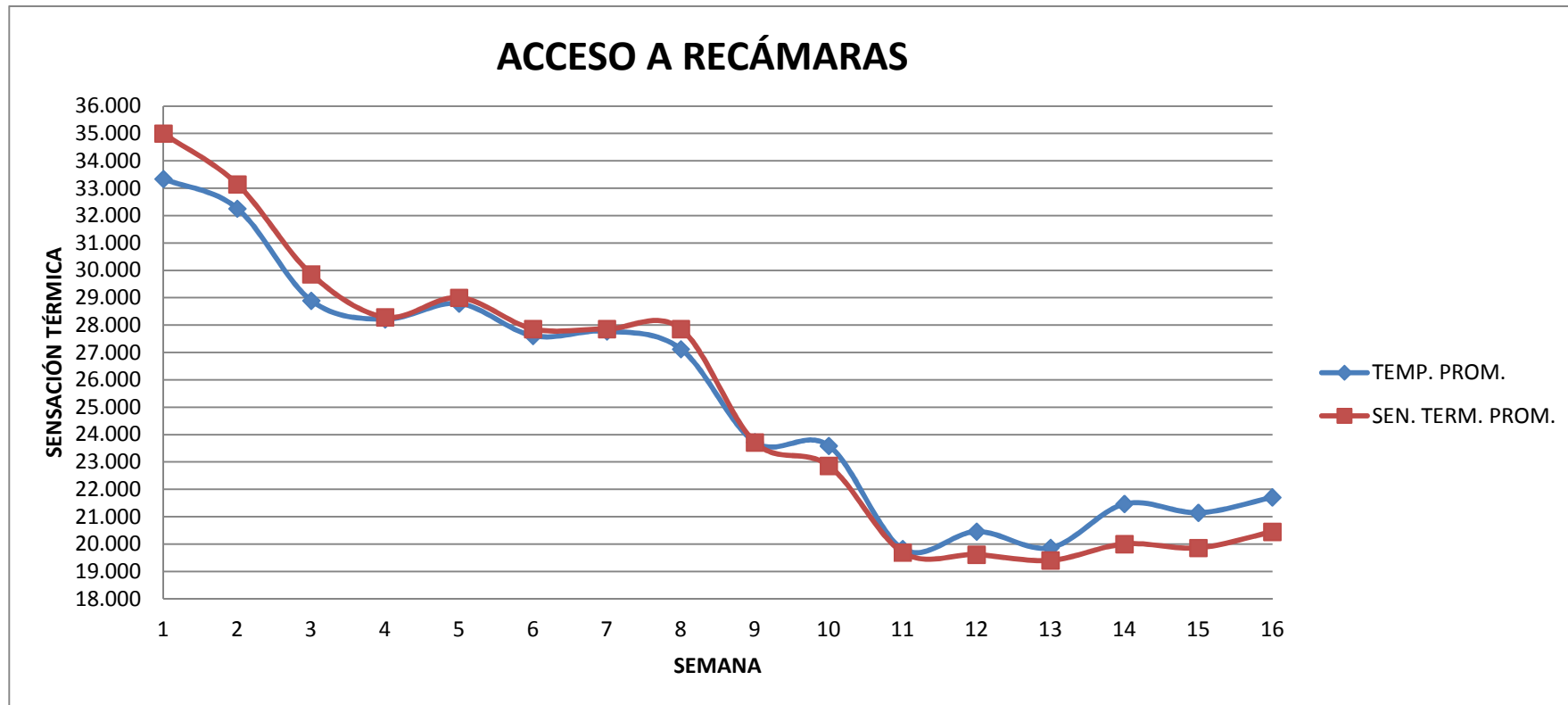


Figura 11. Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en acceso a las recámaras.

En la Figura 11 se observan dos gráficas escalonadas descendentes, con una sensación térmica máxima de 35°C y una temperatura promedio registrada de 33.35°C con una diferencia de temperatura de 1.65°C, manteniendo una sensación térmica mayor a la temperatura hasta la semana 9, después de este punto la sensación térmica es menor a la temperatura registrada.

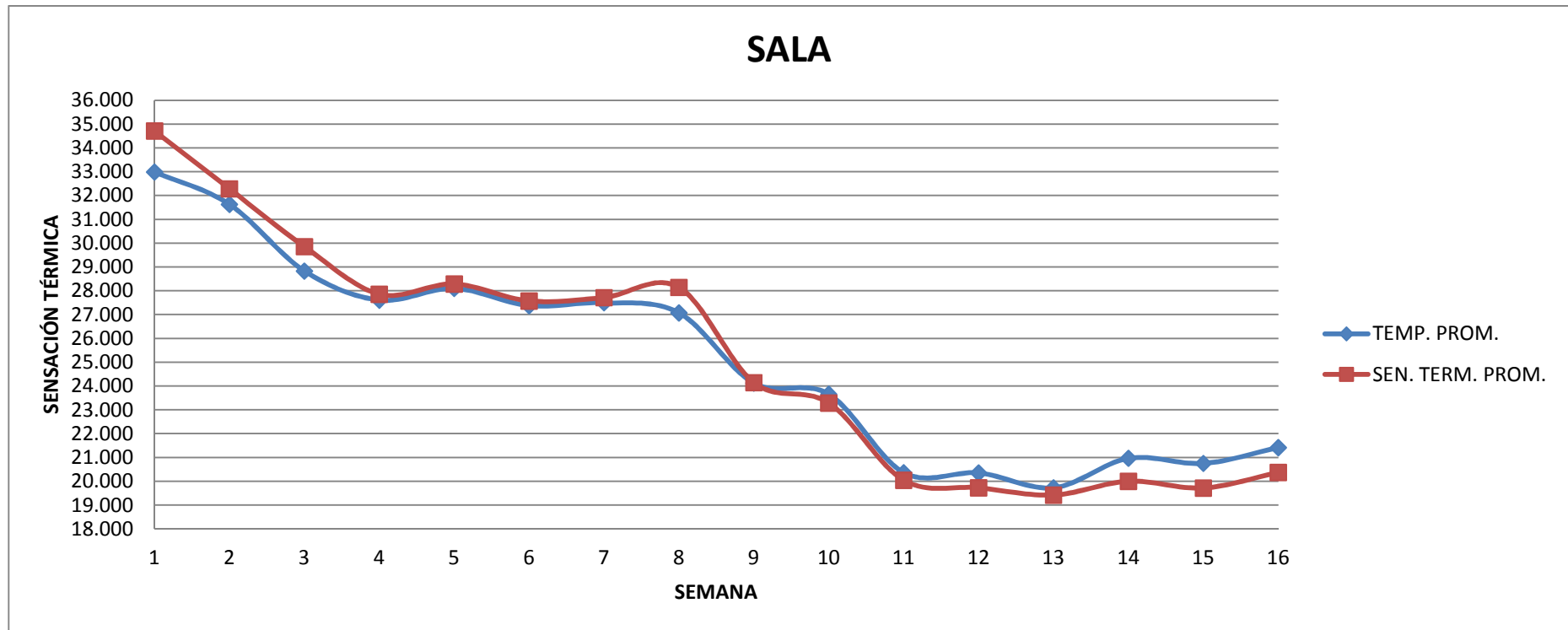


Figura 12. Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en la sala.

Las gráficas escalonadas descendentes de la Figura 12 corresponden a la sala y presentan una sensación térmica máxima de  $34.7^{\circ}\text{C}$ , y un diferencial de temperatura de  $1.65^{\circ}\text{C}$  respecto a la temperatura registrada, manteniendo una sensación térmica mayor a la temperatura hasta la semana 9, después de este punto la sensación térmica presenta una temperatura menor a la temperatura registrada.

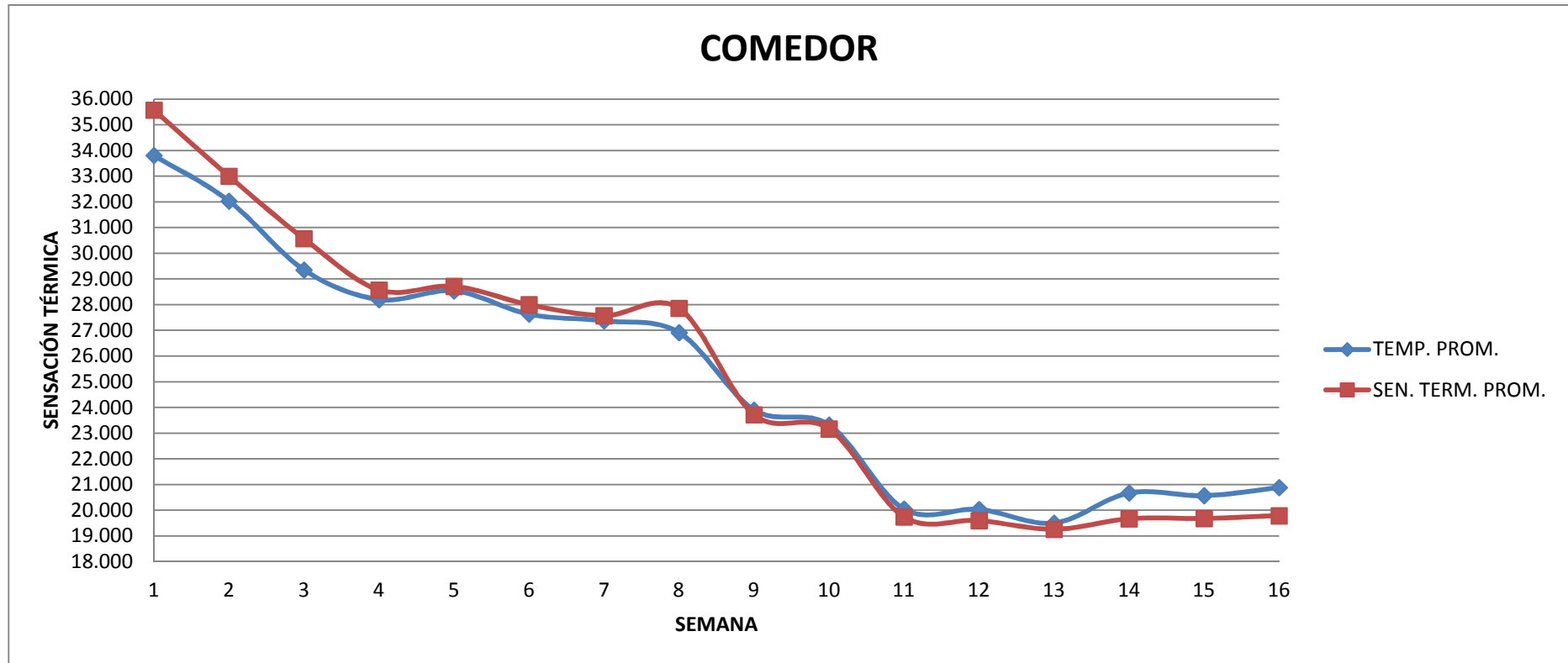


Figura 13. Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en el comedor.

En la Figura 13 ilustra gráficas escalonadas descendentes, con una sensación térmica máxima de 35.7°C, así como una diferencia de temperatura 1.76°C en su punto máximo, manteniendo una sensación térmica mayor a la temperatura hasta la semana 9, después de este punto la sensación térmica es menor que la temperatura registrada.

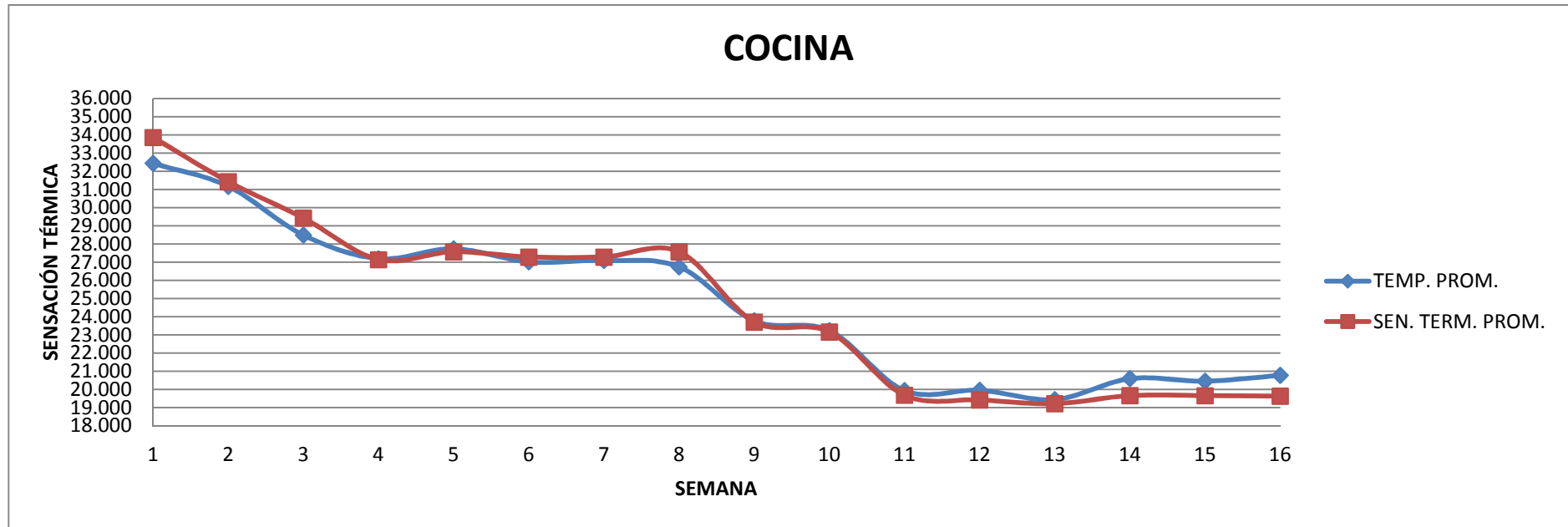


Figura 14. Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en la cocina.

En la cocina que corresponde a la figura 14 se observan gráficas escalonadas descendentes, con una sensación térmica máxima de  $33.8^{\circ}\text{C}$ , así como una diferencia de temperatura de  $1.41^{\circ}\text{C}$ . A diferencia de las gráficas anteriores se percibe que hay una mayor variación del comportamiento de las curvas, ya que, la sensación térmica es mayor a la temperatura de la semana 1 a la 4 y de la semana 6 a la 9, en los lapso de la semana 4 a la 5 y de la 9 a la 16 se invierten los resultados teniendo ahora que las mayores temperaturas son las registradas que las de la sensación térmica, en algunos casos esta es una diferencia de temperatura de  $0.1^{\circ}\text{C}$ .

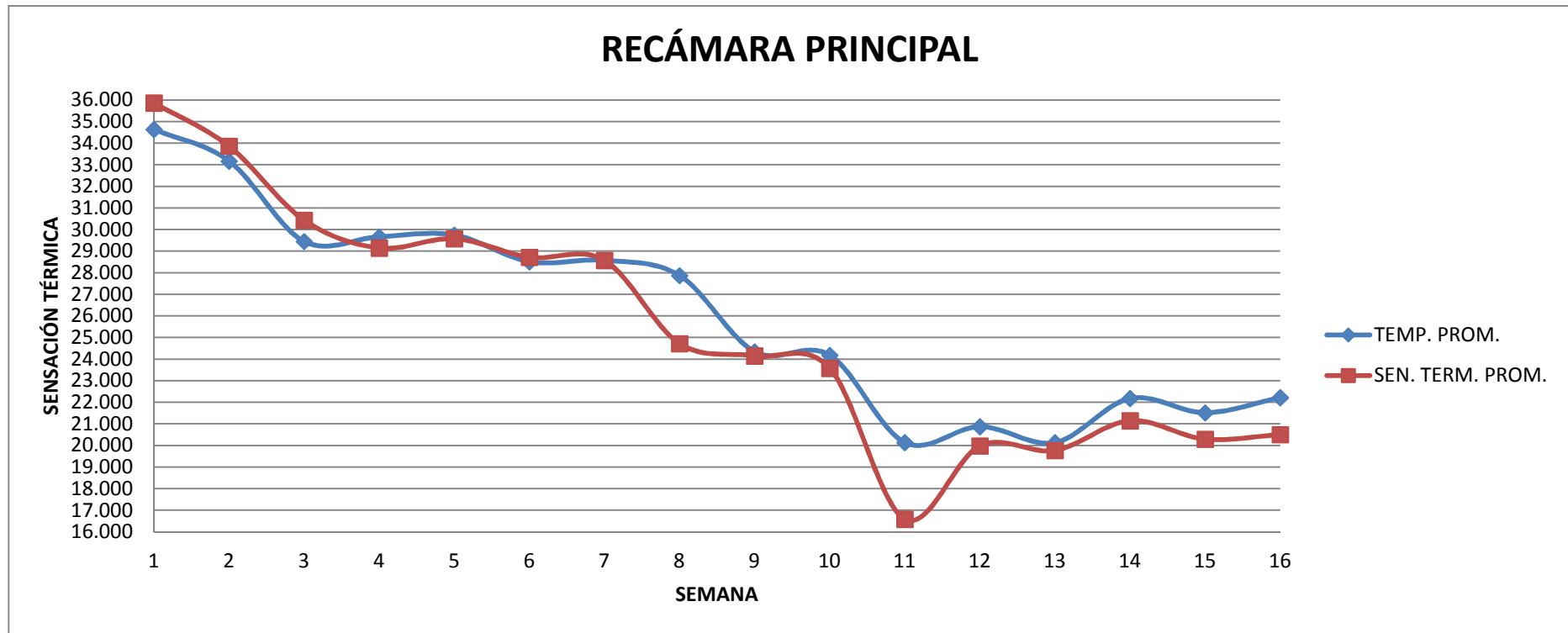


Figura 15. Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en la recámara principal.

En esta Figura 15 al igual que en los casos anteriores las gráficas son descendentes con una sensación térmica máxima de 35.8 °C, con una diferencia de temperatura máxima de 3.53 °C. La sensación térmica es mayor de la semana 1 a 3 y de la semana 5 a la 7, del el período de la semana 4 a la 5 hay una diferencia de 0.5 °C, después de la semana 7 la sensación térmica es menor a la temperatura registrada.

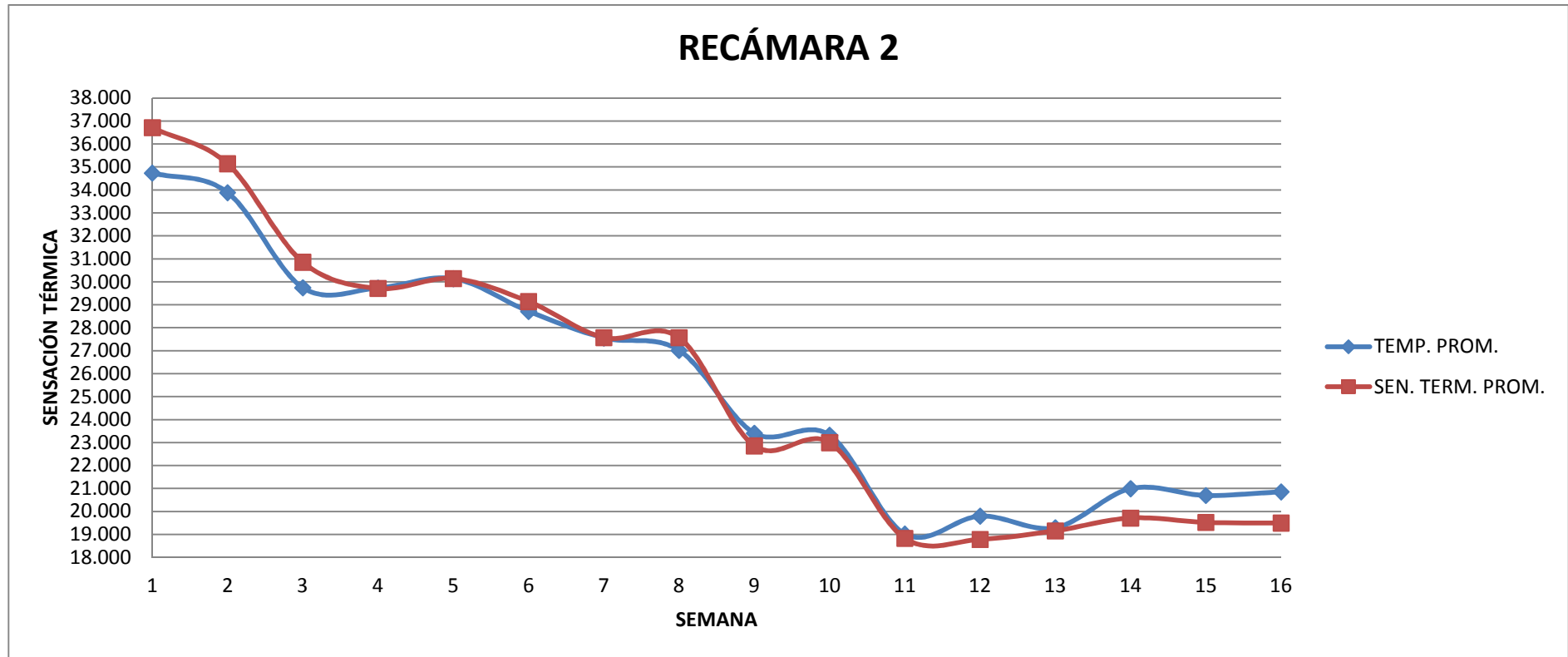


Figura 16. Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en la recámara 2.

En la Figura 16 se ilustran gráficas descendentes con una sensación térmica máxima de  $36.71^{\circ}\text{C}$ , de igual manera una diferencia de temperatura máxima de  $1.97^{\circ}\text{C}$ , manteniendo una sensación térmica mayor a la temperatura hasta la semana 8, después de la semana 9 la sensación térmica presentada es menor a la temperatura registrada.

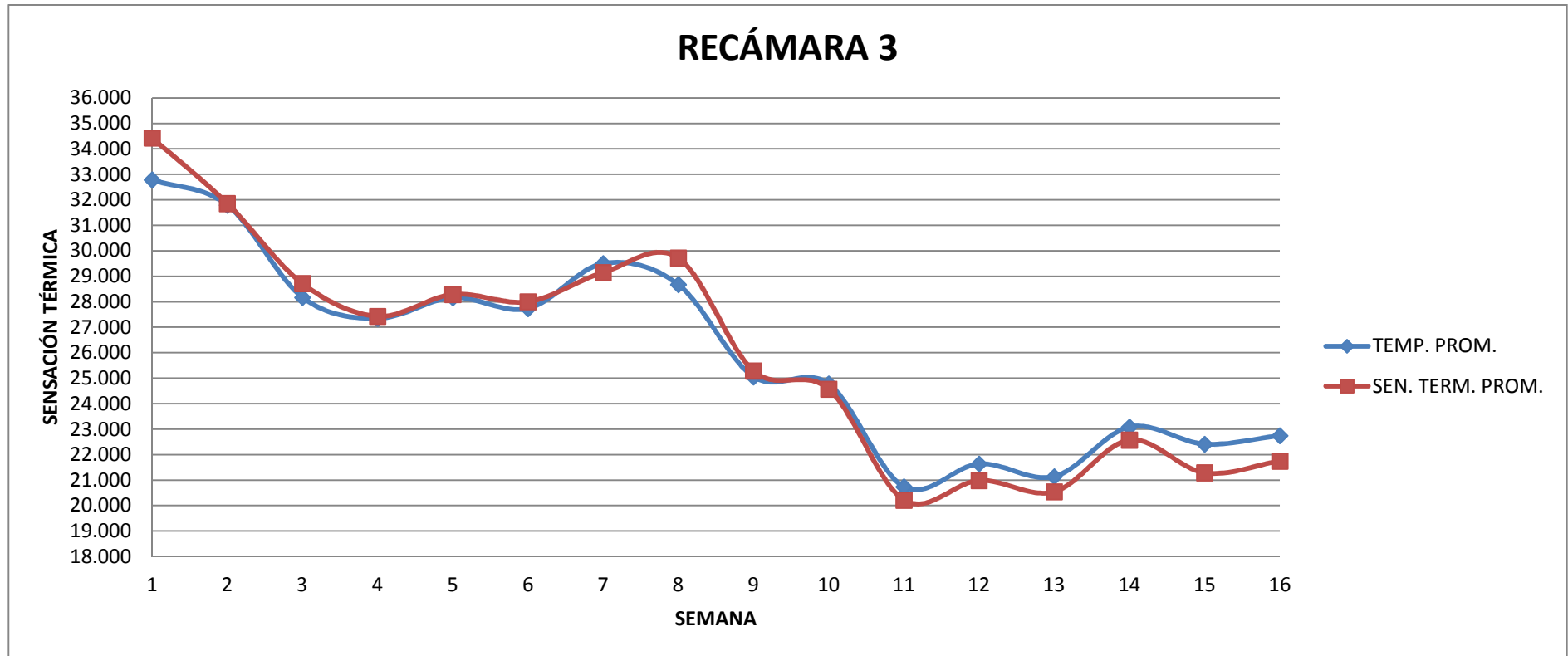


Figura 17. Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en acceso a la recámara 3.

En la Figura 17 se observan gráficas cóncavas hacia abajo y arriba, con una temperatura máxima de  $34.4^{\circ}\text{C}$ , con una diferencia de temperatura máxima de  $1.64^{\circ}\text{C}$ , en la cual la sensación térmica es mayor a la temperatura registrada hasta la semana 6 y de la semana 8 a la semana 9, de la semana 9 en adelante la sensación térmica es menor a la temperatura registrada.

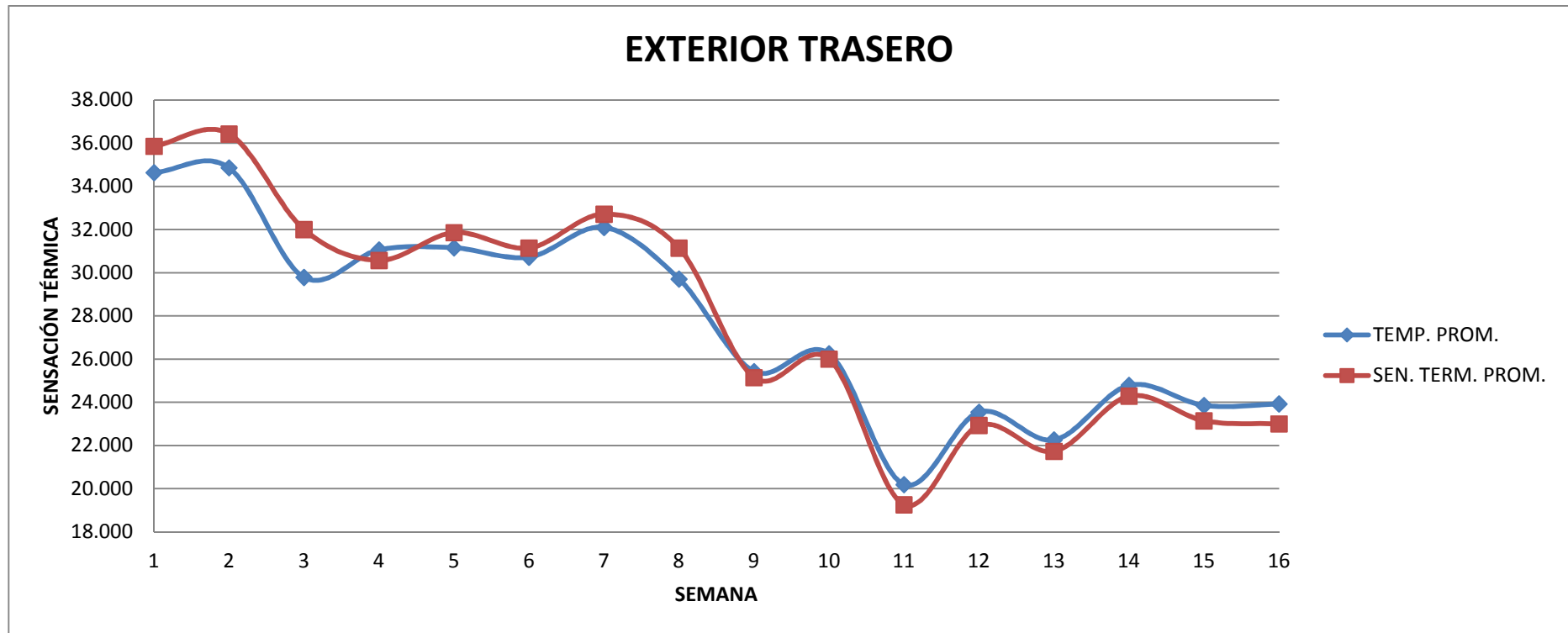


Figura 18. Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en exterior trasero.

Se manifiesta en la figura 18, gráficas descendentes y muy semejantes como en todos los casos, con una temperatura máxima de 36.4°C, de igual manera una diferencia de temperatura máxima de 2.21°C, manteniéndose una sensación térmica mayor a la temperatura registrada hasta la semana 3 y de la semana 5 a la 9, a partir de este punto la sensación térmica es menor a la temperatura registrada.

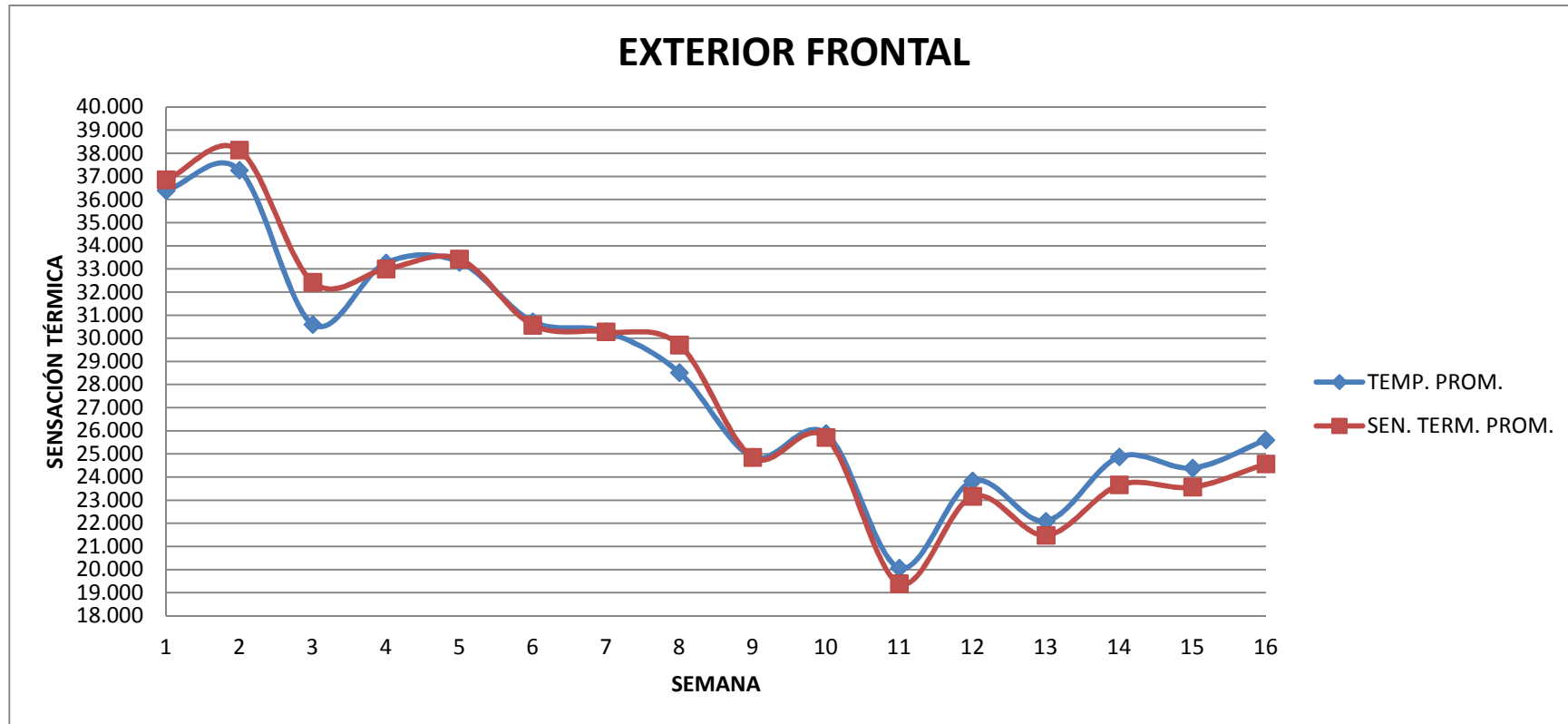


Figura 19. Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en exterior frontal.

En la Figura 19 se presentan curvas descendentes, con una temperatura máxima de  $38.1^{\circ}\text{C}$  y un diferencial de temperatura máxima de  $1.83^{\circ}\text{C}$ , La sensación térmica es mayor a la temperatura registrada de manera general hasta la semana 9. A partir de la semana 9 la sensación térmica es menor a la temperatura registrada.

Con los análisis de las gráficas se pueden observar similitudes como son:

- 
- Gráficas escalonadas descendentes.
- La sensación Térmica máxima que oscila entre los 33.8°C y los 38.1°C.
- Un promedio de diferencia de temperatura entre temperatura registrada y sensación térmica de 1.98°C.
- La tendencia general a partir de la semana 9 es que la sensación térmica es menor a la temperatura registrada.
- La habitación con menor confort térmico es la recámara 2,
- La cocina fue la habitación de mayor confort térmico.
- Las habitaciones obtuvieron una sensación térmica de confort desde la semana 3 en adelante
- En la primer semana la recámara 2 obtuvo una sensación térmica mayor a la registrada en la intemperie.
- La recámara 2 tuvo un comportamiento térmico muy diferente al que tuvo la recámara 3.
- La recámara principal registró la temperatura más baja en el periodo de estudio.

Las gráficas exteriores frontal y trasera, son la referencia y representan las temperaturas registradas a la intemperie, con las cuales se pretende comparar las temperaturas y de esa manera conocer la diferencia de temperatura entre la registrada al interior de la habitación y la registrada al intemperie.

Después de la elaboración de gráficas semanales se desarrollaron gráficas comparativas mensuales y semanales que se presentan a continuación.

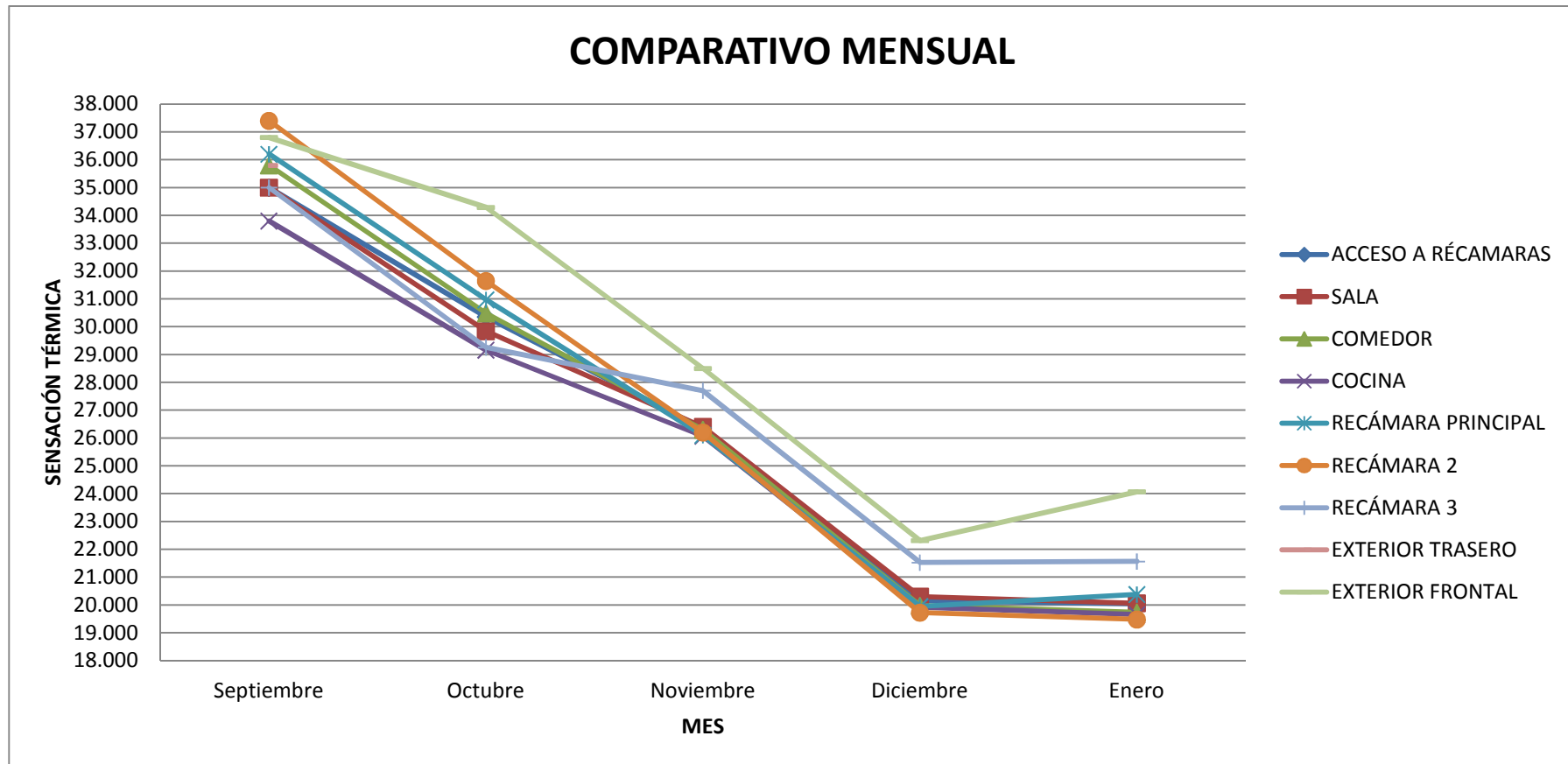


Figura 20. Comparativa mensual de cada habitación de la vivienda y las lecturas exteriores frontal y trasera.

La Figura 20 nos ilustra que la Recámara 2 es la habitación que presentó durante el período del estudio la mayor temperatura, tomando en cuenta solo el interior de la vivienda.

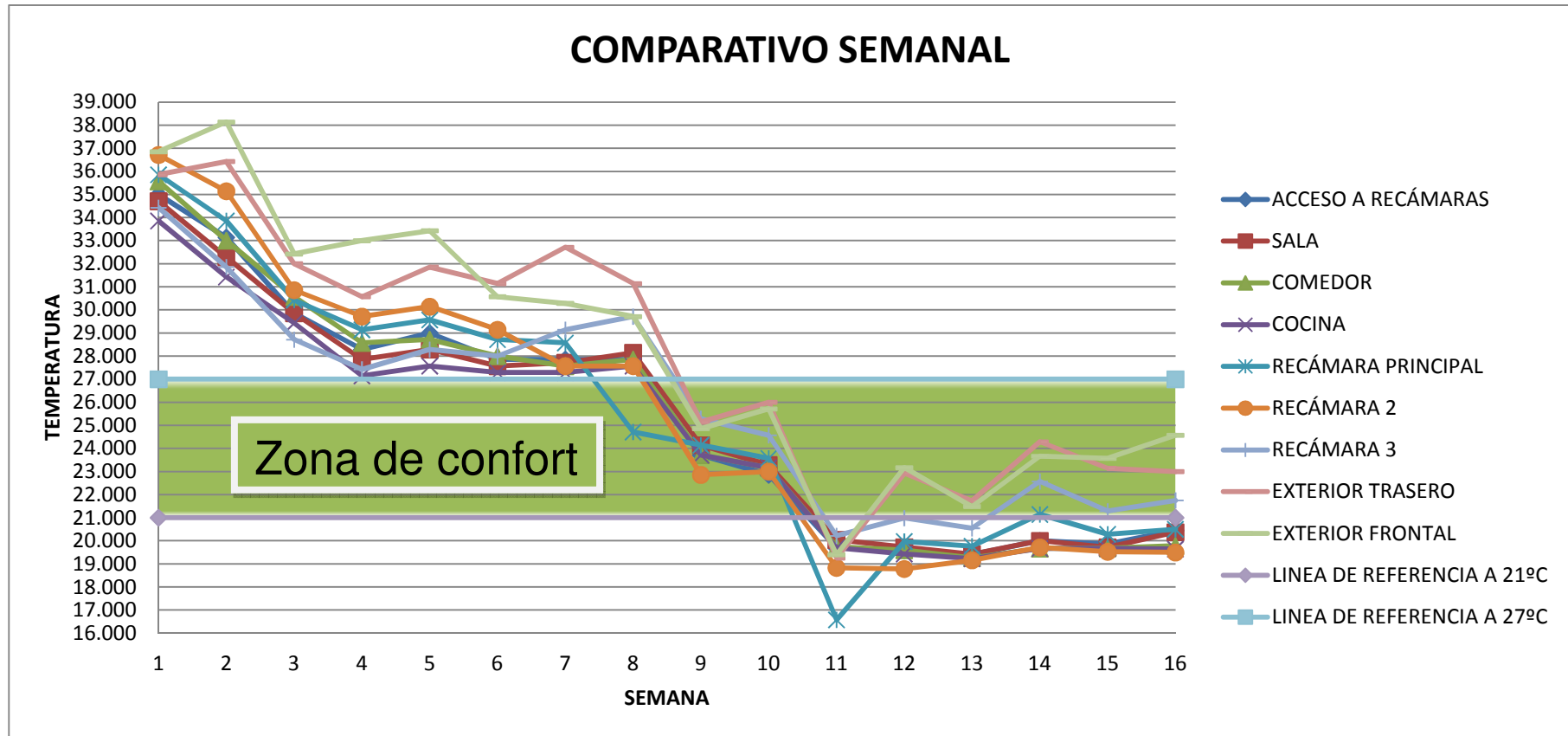


Figura 21. Comparativa semanal de cada habitación de la vivienda y las lecturas exteriores frontal y trasera.

La Figura 21 ilustra el comportamiento térmico de los espacios de la vivienda en estudio, en ella se aprecia las líneas de referencia de 21°C y 27°C parámetros de temperatura de la zona de confort, donde se aprecia que la cocina se encuentra más apegada a la zona de confort y la que más se desfasa de la zona de confort es la recámara 2.

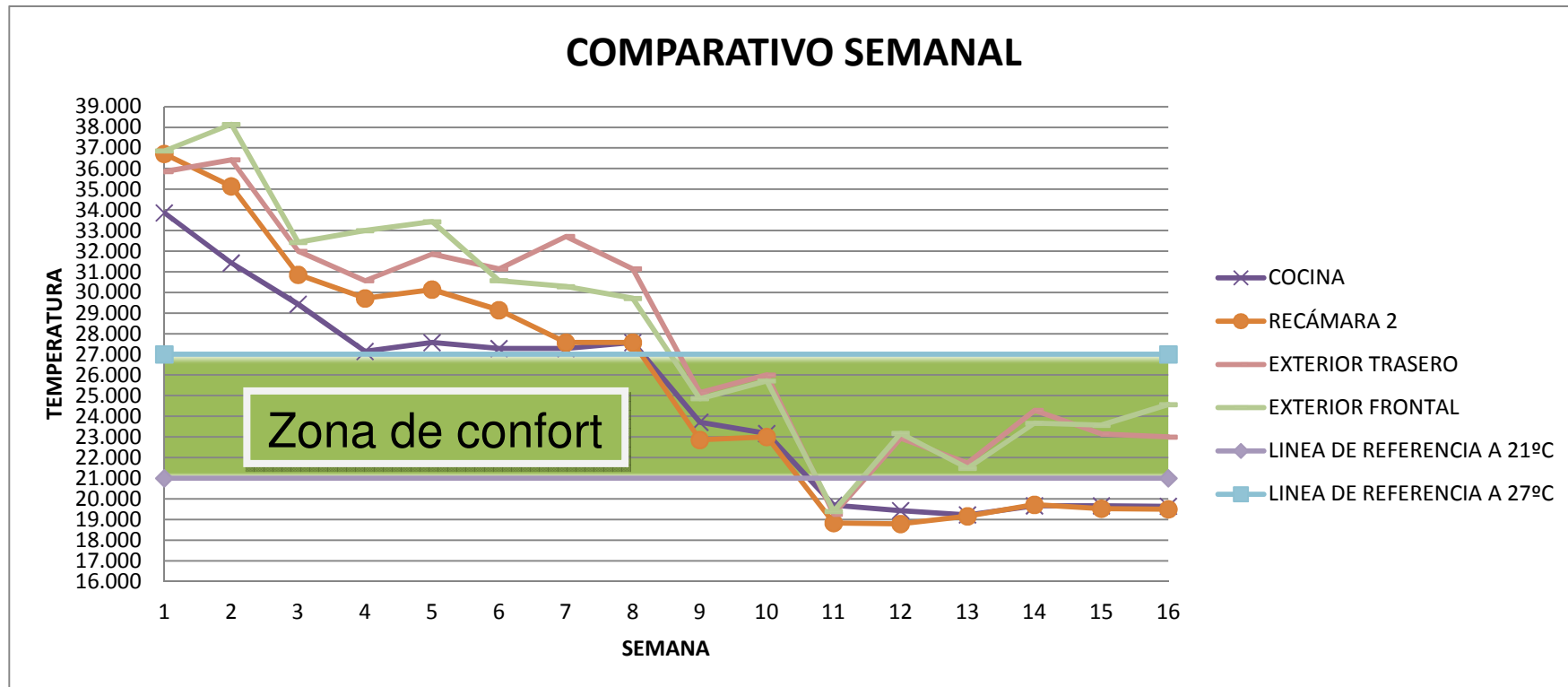


Figura 22. Comparativa semanal de la recámara 2, cocina y la lectura exterior trasera y delantera.

Se observa en la Figura 22 una comparación entre la cocina y la recámara 2 que corresponden al peor y mejor comportamiento térmico respectivamente y las temperaturas del exterior trasero y delantero, en ella se puede ver que las temperaturas más agradables se dan al estar dentro de la vivienda y no en el exterior, los diferenciales en grados presentados son de 3 a 5 grados aproximadamente.

## 4.2 Discusión

En este estudio se obtuvieron el comportamiento térmico de cada habitación y se determinó cuál de ellos fue el más desfavorable, lo anterior se logro a pesar de no considerar la velocidad del viento la cual es un factor de la sensación térmica, dato base en el estudio. Los datos recabados pueden ayudar en el análisis comparativo de futuras investigaciones donde se considere la acción del viento o estudios relacionados con el confort térmico de una vivienda.

Cabe mencionar que comparación de la sensación térmica registrada en la recámara 2 y la lectura exterior trasera de la semana 1 a la semana 2 observada en la Figura 22 genera controversia ya que la sensación térmica en el exterior es menor a la de la recámara 2. Lo anterior no se puede omitir o asumirse como un error de registros, ya que haciendo un análisis más detallado de la semana 1 y la semana 2 de la Figura 21 se puede observar que las curvas que registran la sensación térmica al interior de la vivienda tiene una forma consistente diferente a las curvas de la sensación térmica en el exterior de la vivienda. Por lo tanto se puede asumir que no es un incremento de la temperatura al interior de la vivienda, sino más bien un decremento de la temperatura al exterior de la vivienda posiblemente originado por la acción del viento.

De igual manera es importante tomar en cuenta que las recamaras 2 y 3 tiene una diferencia de comportamiento térmico muy grande a pesar de tener condiciones similares, como son las dimensiones de las habitaciones y la localización de la ventana.

Con la discusión antes mencionada se asume que la sensación térmica al interior de la vivienda es menor a la temperatura al exterior de la vivienda si no consideramos la acción del viento.

## **CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este capítulo se presentan las conclusiones a las que se llegó en el estudio realizado y las recomendaciones pertinentes como respuesta a los resultados obtenidos.

### **5.1 Conclusiones.**

Después del análisis de los resultados, se observa lo siguiente:

La habitación con el comportamiento térmico más desfavorable fue la Recámara 2 con un promedio de diferencia de sensación térmica de 1 a 3 grados con respecto a las demás habitaciones.

Después del análisis detallado de la figura 21 se elaboró la siguiente lista en donde se organizan en orden descendente de mejor a peor comportamiento térmico de la vivienda:

1. Cocina.
2. Recámara 3.
3. Sala.
4. Acceso a las recámaras.
5. Comedor.
6. Recámara principal.
7. Recámara 2.

Con el orden descendente de mejor comportamiento térmico de la vivienda se observa que las habitaciones con el comportamiento térmico más elevado son las que tiene un contacto más directo con el sol como es el caso del comedor, Recámara principal y la recámara 2.

Las gráficas de comportamiento climático que se obtuvieron del interior de la vivienda comparten una silueta muy parecida entre sí, pero son diferentes a las siluetas de las gráficas obtenidas al exterior de la vivienda.

La recámara 3 tuvo un comportamiento diferente en el periodo de prueba, esto ya que hasta la semana 6 tuvo un comportamiento térmico similar al de las habitaciones en el interior de la vivienda, pero de la semana 6 en adelante tuvo un comportamiento térmico más similar al de las gráficas obtenidas en el exterior.

Al comparar las temperaturas registradas al interior y exterior de la vivienda se observan la siguiente diferencia de temperatura:

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| 1. Cocina.                 | 5°C          |
| 2. Recámara 3.             | De 4°C a 5°C |
| 3. Sala.                   | 4°C          |
| 4. Acceso a las recámaras. | 4°C          |
| 5. Comedor.                | 4°C          |
| 6. Recámara principal.     | De 3°C a 4°C |
| 7. Recámara 2.             | De 3°C a 4°C |

Con la comparación realizada se llega a la conclusión que una vivienda a la que se le incorporan materiales para mejorar su comportamiento térmico, tiende a bajar en promedio 4°C de la sensación térmica registrada al exterior de la vivienda.

Después en la discusión de resultados si hizo referencia a la diferencia entre el comportamiento térmico de las recamaras 2 y 3, de la cual se puede llegar a la conclusión que el asoleamiento incremento la temperatura en las recamaras 2 y principal pero no afecto la recamara 3.

Como conclusión general al estudio se determino que la vivienda se mantuvo en la zona de confort desde la semana 8 hasta la 11, a pesar de esto la vivienda se puede considerar que tuvo un comportamiento agradable considerando la Tabla 5 de la semana 3 a la 8 y de poco frio de la semana 11 a la 16.

## **5.2 Recomendaciones.**

Como recomendación general se tiene lo siguiente:

1. Una buena ventilación en el interior de la vivienda puede disminuir la sensación térmica. Esto ya que como se mencionó en los capítulos 2 y 4 la sensación térmica está en función de la temperatura la humedad relativa y la velocidad del viento.

Esta es una solución simple, práctica y que se puede llevar a cabo sin invertir una gran cantidad de dinero.

2. El uso de aislantes térmicos como el polietileno expandido sólo en las zonas con un aumento de temperatura como son los techos de la recámara 2 y la recámara principal.

- Esta es una solución costosa, no sólo al instalarse si no también al hacer mantenimientos anualmente, la ventaja de éstos es que protege la vivienda de filtraciones de agua.
3. El uso de persianas y cortinas opacas para sombrear la casa, telas suaves sobre fuentes de calor pueden usarse para disminuir la sensación térmica en una vivienda.
  4. En la guía de uso eficiente de la engería de 2006 en la cual se ofrecen recomendaciones bioclimáticas que permitirán mejorar las condiciones térmicas o bien disminuir los requerimientos de sistemas de climatización comenta lo siguiente:
    - Adecuación de la vivienda.
      - aislamiento del techo
      - doble vidrio en las ventanas
      - cambio del aire acondicionado ineficiente por el de alta eficiencia energética
    - diseño de la vivienda.
      - Altura de piso al techo, optima 2.7 metros, aceptable 2.5 metros.
      - Poca pendiente en la azotea.
      - Ventanas en la parte media y baja de los muros a nivel de los ocupantes.
      - Utilizar colores blancos en zonas como el techo para evitar la absorción de calor.

## REFERENCIAS

7730:2006, I. UNE-EN ISO 7730:2006.

Allen, P. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología: Termodinámica. Vol. 1C*. Barcelona: REVERETÉ.

Alzate, C. E. (2003). *Procesamiento de alimentos*. MANIZALES: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

ASHRAE. (s.f.). <https://www.ashrae.org/>. Recuperado el 14 de FEBREO de 2014, de <https://www.ashrae.org/education--certification/online-learning>

BASSEGODA, B. (1984). *Enciclopedia de la construcción: Cálculos y ensayos, estudio de los proyectos*. Barcelona: EDITIONS EYROLLES y EDITIONS TECHNIQUES.

Blum, D. R. (2007). *Física - mecánica ondas y termicidad*. Madrid: REVERETÉ.

Brenes & Saborío. (1995). *Elementos de climatología: su aplicación didáctica a Costa Rica*.

BRUNDTLAND. (2006). *Desarrollo sostenible*. ONU, Sociedad.

Caamaño, J. M. (2003). *Tecnología de la madera y del mueble*. REVERETÉ.

CAJEME. (2009). *Anuario Estadístico 2009*. Cd. Obregon: CHAN JIMÉNEZ .

Collieu, A. (1997). *Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales*. Sevilla: REVERETÉ.

Comte, D. (26 de junio de 2012). <http://www.dgf.uchile.cl/>. Recuperado el 3 de marzo de 2014, de <http://www.dgf.uchile.cl/index.php?i=es&a=2&b=1&p=3>

CONAFOVI. (2006). *Uso eficiente de la energía en la vivienda*. México.

CONAGUA. (2010). <http://www.conagua.gob.mx/>. Recuperado el 2014, de [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12&Itemid=77](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=77)

COPLAMAR. (25 de septiembre de 1990). COPLAMAR. *Coordinación General del Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginados* . México.

Española, R. A. (s.f.). <http://www.rae.es/>. Recuperado el 26 de febrero de 2014, de <http://lema.rae.es/drae/srv/search?id=IHY443zYADXX29EFoJ1f>

García, D. (2007). *Instalaciones de refrigeración y aire acondicionado*. Barcelona: REVERETÉ.

Garzón, B. (2007). *Arquitectura Bioclimática*. Buenos Aires, Argentina: NOBUKO.

Givoni, B. (1969). *Climate and Architecture*. Sydney: Gili.

Gómez, M. M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Argentina: brujas.

- Guasch, J. (2007). *Confort térmico*. Barcelona, España: INSHT. Servicio de Ediciones y Publicaciones.
- Hernández, K. H. (2003). *INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN EMPÍRICA EN LAS CIENCIAS*. Barcelona: A&M Gráfic.
- INECC. (s.f.). <http://www.inecc.gob.mx/>. Recuperado el 26 de marzo de 2014, de [http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012\\_med\\_adap\\_cc\\_reg\\_hidro.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012_med_adap_cc_reg_hidro.pdf)
- INEGI. (s.f.). <http://www.inegi.org.mx/>. Recuperado el 2014 de marzo de 28, de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/glogen/default.aspx?t=cp&s=est&c=10249>
- INFONAVIT. (2010). <http://portal.infonavit.org.mx/>. Recuperado el 20 de marzo de 2014, de [http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/infonavit/trabajadores/saber+para+decidir/estoy\\_buscando\\_casa/elige\\_vivienda\\_sustentable](http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/infonavit/trabajadores/saber+para+decidir/estoy_buscando_casa/elige_vivienda_sustentable)
- L, M. D. (2007). *Viviendas bioclimáticas en Galicia*. Galicia.
- Martínez, I. (1992). *TERMODINAMICA BASICA Y APLICADA*. DOSSAT SA.
- Moyano, M. P. (2012). *Confort térmico en el área social de una vivienda unifamiliar*. Cuenca-Ecuador.
- Müller, D. G. (2006). *25 casas ecológicas*. Reino Unido: REVERETÉ.
- Nieto, P. V. (1993). *Iniciación a la física en el marco de la teoría constructivista*. Madrid: Centro de Publicaciones.
- Olgyay, O. &. (1973). *Solar control and shading devices*. New Jersey: Ed. Princenton University Press.
- Organi-k. (2011). <http://www.organi-k.org.mx/>. Recuperado el 26 de enero de 2014, de [http://www.organi-k.org.mx/nsp/viewpage.php?page\\_id=19&c\\_start=220](http://www.organi-k.org.mx/nsp/viewpage.php?page_id=19&c_start=220)
- Padilla, A. (2012). *Diseño de una vivienda sostenible*.
- Paredes, C. (2011). *Casas ecologicas*. Advanced Marketing s De RI De Cv.
- Rechea, F. J. (2002). *Bases de la física medioambiental*. Barcelona: Ariel, S.A.
- Schleifer, S. (2007). *Pequeñas casas ecológicas*. Alemania: J.B.METZLER.
- SENER. (2006). <http://www.sener.gob.mx/>. Recuperado el 16 de febrero de 2014, de <http://www.sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=2617>
- Triveri, F. (2008). Sensación térmica: lo que mata es la humedad. *REVISTA DE LA CONTRUCCION* , 44-46.
- Ulsamer, B. (2005). *EL TRABAJO CON EL TRAUMA Y LA CONSTELACIÓN FAMILIAR*.
- Ulsamer, F. (2005). *Cómo se proyecta una vivienda*. Barcelona: Ediciones Ceas S.A.

Whitman & Johnson. (1996). *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado, Volumen 3*.

Wiesenfeld, E. (1995). *La vivienda: su evaluación desde la psicología ambiental*. Venezuela: Artes Gráficas Emedé, A.C.